

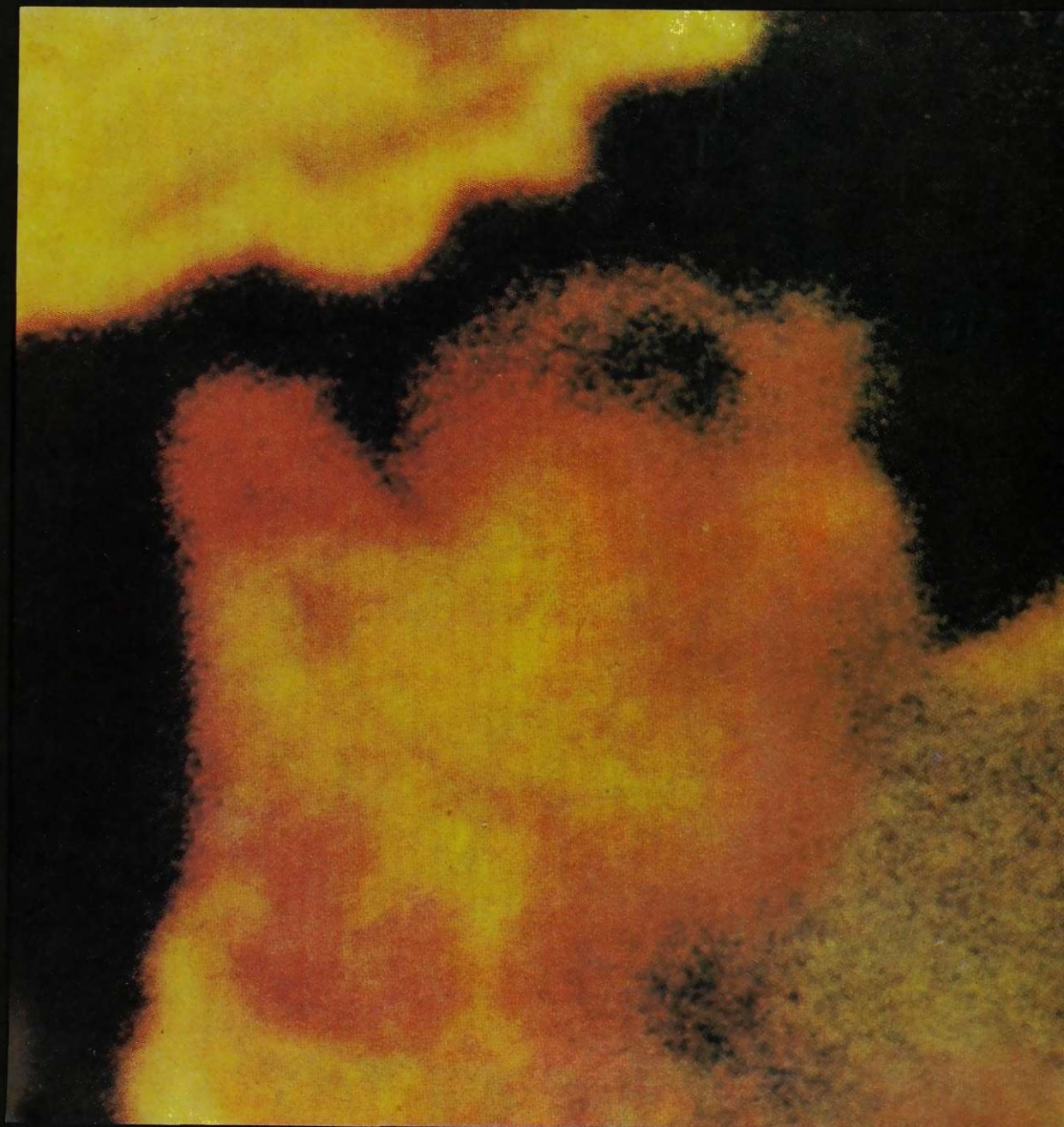
VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Э. Хокинс, Д. Эйвон

Фотография. Техника и искусство

Издательство «Мир»



ФотоКиноТехника

в книгах издательства «Мир»

Л. Гонт

Экспозиция в фотографии

Р. Рёссинг

Увеличение фотоснимка

Э. Хокинс, Д. Эйвон

Фотография. Техника и искусство

К. Престон-Мэфем

Фотографирование живой природы

Э. Хокинс, Д. Эйвон
Фотография. Техника и искусство

Photography
The guide to technique
Andrew Hawkins and Dennis Avon
Blandford Press Poole
1980



Э. Хокинс, Д. Эйвон

Фотография. Техника и искусство

Перевод с английского

А. Ф. Некрасова,
канд. физ.-мат. наук

С. П. Чеботарева

под редакцией

канд. техн. наук
А. В. Шеклеина



Москва «Мир» 1986

ББК 37.940.2

X70

УДК 535.6

Хокинс Э., Эйвон Д.

X70 Фотография: Техника и искусство. Пер. с англ. —
М.: Мир, 1986.— 280 с., ил.

В книге известных американских специалистов в области техники и искусства фотографии дается достаточно обстоятельное описание технических приемов и процессов, используемых в современной фотографии. Особое внимание уделяется творческим проблемам, вопросам освещения, а также цветного и композиционного решения снимка. Имеются разделы, посвященные фотосъемке с лампами-вспышками, в условиях плохого освещения, под водой, макро- и микросъемке. Книга прекрасно иллюстрирована.

Для фотографов-профессионалов и фотолюбителей.

X 4911030000-259 177-85, ч. 1
041(01)-86

ББК 37.940.2
77

Редакция литературы по новой технике

Предисловие редактора перевода

Предлагаемая читателю книга представляет собой первое переводное издание по технике и искусству фотографирования, публикуемое в нашей стране за последние десятилетия.

Еще сравнительно недавно техническое оснащение фотографа было достаточно традиционным: аппарат с ручной установкой экспозиционных параметров, экспонометр, два-три сменных объектива, штатив, бленда, несколько фильтров. Вот, пожалуй, и все. Конец этой традиционности наступил с эрой бурного развития электроники, ее неуклонного внедрения в фотоаппаратостроение, а также лавинообразного роста моделей и разновидностей однообъективных зеркальных камер, самых универсальных по своим потенциальным возможностям. Каждая модель, подобно снежному кому, обрастала уже не десятками, а сотнями дополнительных принадлежностей, включая различные насадки и приставки. К современной зеркальной камере только сменных объективов выпускается около 40—50 штук. Даже опытному фотографу-любителю, не говоря уже о новичке в фотографии, довольно сложно ориентироваться в этом бурном, постоянно обновляющемся потоке коммерческой фотопродукции. Тем более что для многих основным источником информации являются не всегда достаточно компетентные «знатоки», немногочисленные фотожурналы да полки фотомагазинов. Что касается фирменных каталогов, то они, как правило, не доступны широким массам фотолюбителей.

Авторы книги, которую вы держите в руках, проделали большую и полезную работу. Проанализировав устройство большего числа существующих одноступенчатых и близких по своим техническим характеристикам камер, они выявили критерии, определяющие современный эргономический уровень, которому должна удовлетворять конструкция фотоаппаратуры как для любителей, так и для профессионалов. При этом речь идет не только о таком формальном критерии, как размер кадра, но и о степени возможного вмешательства фотографа в процесс фотосъемки (при почти одинаковом и очень высоком уровне автоматизации). Идеальным вариантом для фотографа-любителя является модель, все управление которой, не исключая наводки на фокус, сводится к установлению чувствительности используемой пленки (да и то не всегда!) и нажатию спусковой кнопки. Что же касается фотоаппаратуры для профессионалов и любителей высокого класса, то, несмотря на ее подчас полную автоматизацию, фотографу предоставляется возможность воздействия буквально на все этапы процесса фотосъемки, отключения любого автоматического «действия» и

перехода на ручной режим. Такая гибкость позволяет решать различные изобразительные задачи при сохранении в случае необходимости высокой оперативности автоматических операций. Очевидно, что для эффективного использования столь сложной аппаратуры, оперирования всеми многочисленными рычажками и кнопками необходимо иметь представление об основных принципах работы ее функциональных систем и взаимодействия между ними. Как ни парадоксально, но сознательное отношение к каждому этапу съемки требуется и при фотосъемке полностью автоматической любительской камерой, в противном случае невозможно получить удачный снимок в условиях, отличающихся от того среднестатистического сюжета, на который рассчитана любая автоматика.

Подробное рассмотрение указанных принципов и иллюстрация их практической эффективности на многочисленных примерах и снимках являются главным содержанием предлагаемой книги. Кроме вопросов, связанных с особенностями устройства современных фотоаппаратов и их управлением, в книге содержится множество практически полезных сведений. Так, в начале книги на вполне доступном уровне излагаются основные сведения о природе света, принципах работы линз, присущих им аберрациях. Затем столь же популярно рассматриваются строение и свойства современных светочувствительных материалов, включая цветные; правила определения экспозиции; требования, предъявляемые к безукоризненно резкому снимку. Заметим, что последний вопрос, охватывающий многие «мелкие» практические аспекты фотографии, в популярной литературе часто полностью тонет в несущественных подробностях и потоках избыточной информации. Далее затрагиваются вопросы эффективного применения современных дополнительных приспособлений, и в первую очередь современных электронных вспышек. Авторы подробно рассматривают типы современных вспышек, их синхронизацию и методы освещения, в том числе и при использовании сразу нескольких вспышек. Много полезных рекомендаций содержится в разделах, посвященных фотомикрографии, съемке крупным планом, специальной технике, демонстрации диапозитивов и подготовке иллюстративного материала для лекций и докладов. Некоторые рекомендации, например съемка «под акварель» или «под живопись маслом», являются, по существу, новым словом в фотографии.

Книга знакомит читателя с современным уровнем фототехники и существующими приемами фотографии, обусловленными этим уровнем. Поэтому как по своему содержанию, так и по эффектным и наглядным иллюстрациям, качество которых мы попытались сохранить в русском издании, книга будет полезна читателям с различным уровнем подготовки в области фототехники.

А. В. Шеклеин

Предисловие

Авторы решились написать еще одну книгу по фотографии, считая необходимым ознакомить читателя с существующим положением дел в области техники и искусства фотографии и снабдить его по возможности всей информацией, необходимой для совершенствования его фотографического мастерства. В связи с этим основное внимание уделяется рассмотрению возможностей современной техники фотографирования и описанию различных способов и приемов фотосъемки. В частности, обсуждаются способы фотосъемки, практически не требующей дополнительных приспособлений, но позволяющей получить необычные и интересные результаты. Кроме того, описываются два очень специальных, ранее нигде не упоминавшихся способа фотосъемки, результатом которой являются изображения в стиле рисунков акварелью или живописи маслом. Значительное место отводится различным способам фотосъемки крупным планом и необходимому для этого оборудованию, а также фотографированию через микроскоп и связанной с ним специальной техникой освещения. При этом авторы ограничиваются описанием микроскопов относительно простых и недорогих моделей, которые могут быть доступны фотографам-любителям.

Изложение состояния современной фототехники дополняется рекомендациями практического характера, следование которым поможет фотографу значительно расширить его возможности. Так, например, рекомендации относительно фотосъемки на современные фотопленки направлены не только на преодоление имеющихся у фотографических материалов ограничений, но и на использование этих ограничений для получения особых изобразительных эффектов. Рекомендации, связанные с применением электронных вспышек, нацелены на обеспечение фотосъемки различных стадий быстро протекающих процессов или изменений объекта съемки. Подчеркивается важность стабильности положения камеры и контроля за ее смещением, а также за перемещением объекта в процессе съемки.

Наряду с описанием техники фотографирования авторы сочли целесообразным привести некоторые основные сведения, касающиеся природы и свойств света, принципиального устройства фотографических аппаратов и экспонометров различного типа, строения фотографических пленок.

Фотография требует большого внимания от любого фотографа — делает ли он снимки членов своей семьи или

творчески создает нечто новое. Авторы убеждены, что независимо от степени преданности фотографии для получения снимков высокого качества необходимо иметь ясное представление о возможностях современной фотографии. Стремясь осветить эти вопросы более интересно и увлекательно, авторы включили в книгу большой иллюстративный материал в виде фотографий, рисунков, схем, диаграмм.

Э. Хокинс и Д. Эйвон

Свет и цвет



Свет и его свойства

Первоначально понятие *свет* использовалось для обозначения того объективного, происходящего вне нас процесса, который вызывает субъективные ощущения. Впоследствии оно было обобщено на более широкую совокупность единых по своей природе объективных явлений, сводящихся к распространению коротких электромагнитных волн, независимо от того, способны ли они вызвать у человека зрительные ощущения или нет.

Естественным источником света является Солнце, от которого электромагнитные волны распространяются подобно ряби на поверхности воды от брошенного в нее камня. Спектр излучения Солнца необычайно широк: от 10^{-10} см (гамма-лучи) до 10 км (низкочастотные радиоволны)¹. Диапазон спектра $(4,3 \cdot 10^{14} - 7 \cdot 10^{14})$ Гц лежит в области чувствительности человеческого глаза и называется *видимой областью* спектра (или *видимым светом*). В этом диапазоне каждой частоте соответствует свой цвет излучения. Обычно, кроме видимой области, в понятие свет включают примыкающие широкие области спектра электромагнитных волн — инфракрасную и ультрафиолетовую.

Как известно, свет распространяется прямолинейно, о чем наглядно свидетельствуют образование теней, а также формирование изображения предметов с помощью камеры, имеющей небольшое круглое отверстие (камеры-обскуры, впервые описанной в XVI в.). Скорость света зависит от свойств среды, в которой он распространяется; в вакууме она составляет около $30 \cdot 10^{10}$ см/с.

Отражение. Большинство окружающих нас предметов отражает падающий на них свет. Интенсивность отраженного света зависит как от природы отражающей поверхности, так и от угла падения светового луча. Белая бумага, например, отражает более 80% падающего на нее света, а черная краска, которой напечатан данный текст, — всего лишь 2—3%. Блестящие и матовые поверхности также по-разному отражают свет. Так, в случае блестящих полированных поверхностей наблюдается *зеркальное* отражение, т. е. угол падения светового луча равен углу его отражения (закон отражения света), в то время как матовая поверхность

Рис. 1.
Спектр электромагнитных волн.

ны называется *длиной* волны, а число гребней, проходящих через данную точку за 1 с, — *частотой* излучения.

отражает свет более или менее равномерно во все стороны, т. е. фактически мы имеем дело с *рассеянием* е-вета.

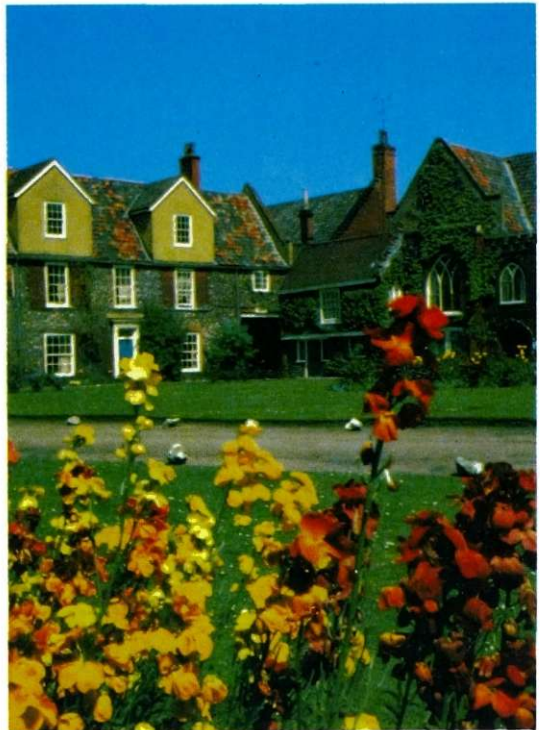
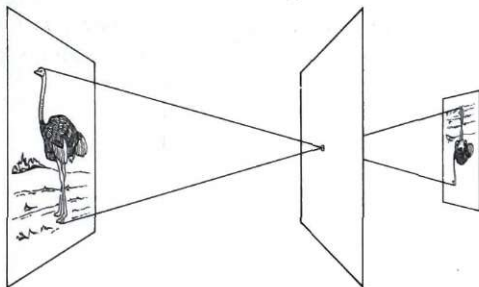
Преломление. При прохождении света через границу раздела двух прозрачных сред он меняет направление распространения. Именно преломлением света объясняется, например, тот факт, что палка, опущенная в воду, кажется сломанной: свет, отраженный частью палки, находящейся в воде, при прохождении границы раздела *вода—воздух* преломляется, т. е. световые лучи искривляются. Степень искривления световых лучей зависит от разности скорости распространения света в обеих средах: чем больше разность, тем сильнее искривление. Отношение скорости света в вакууме к скорости света в данной среде называется *показателем преломления* данной среды. Поскольку в более плотной среде свет распространяется медленнее, чем в вакууме, показатель преломления всегда больше единицы (для воды он равен 1,3, для стекла 1,5, для алмаза 2,4). При распространении света из менее плотной среды в более плотную лучи отклоняются в направлении к нормали, а при распространении из более плотной среды в менее плотную — по направлению от нормали. В случае плоской границы раздела (плоскопараллельная стеклянная пластинка) преломленный луч имеет то же направление, что и падающий. Если заменить пластинку призмой, то преломленный луч, пройдя сквозь призму,

Фото 1.

Фотосъемка осуществлялась самодельной камерой-обскурой с отверстием диаметром 0,5 мм, расположенным на расстоянии 125 мм от плоскости пленки. Из-за небольшого диаметра отверстия интенсивность света была настолько малой, что потребовалась выдержка 3 с при съемке в условиях яркого солнечного освещения.

Рис. 2.

Опыт, демонстрирующий прямолинейное распространение света. Лучи света, пройдя сквозь небольшое отверстие камеры-обскуры, образуют изображение объекта на расположенном в соответствующем месте листе бумаги или пленки.



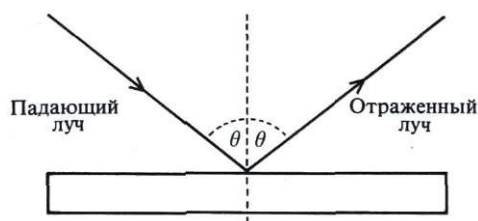


Рис. 3.
Отражение света блестящей поверхностью.

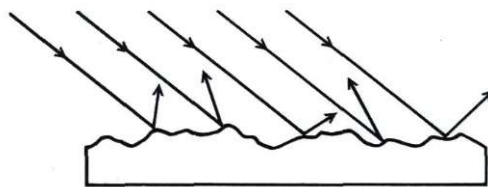


Рис. 4.
Рассеяние света матовой поверхностью.

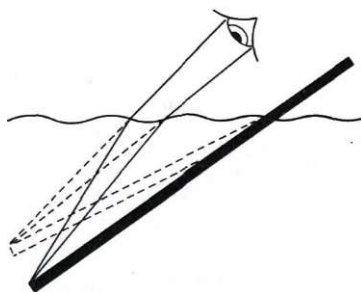


Рис. 5
Палка, опущенная в воду, кажется сломанной вследствие преломления световых лучей на границе раздела вода — воздух.

отклонится от первоначального направления. Угол, на который отклоняется луч, называется *углом отклонения*.

Наибольший практический интерес представляет сферическая поверхность раздела, в частности оптические системы, ограниченные такими поверхностями (*линзы*). Простую положительную линзу можно представить как состоящую из множества призм, имеющих несколько различающиеся углы отклонения. Прямая линия, проходящая через центры кривизны поверхностей перпендикулярно к ним и являющаяся осью симметрии преломляющих поверхностей, называется *оптической осью* линзы. Если на линзу падает параллельный пучок лучей параллельно ее главной оптической оси, то по выходе из системы лучи соберутся в точке, лежащей на этой оси, — *фокусе*. Расстояние между фокусом линзы и ее оптическим центром называется *фокусным расстоянием*. Поскольку показатель преломления прозрачных сред зависит от длины волны проходящего сквозь них света, по выходе из системы лучи будут пересекать оптическую ось в разных точках. Это явление получило название *хроматическая аберрация*. В черно-белой фотографии хроматическая аберрация приводит к некоторой потере резкости на краях изображения, а в цветной фотографии — к образованию цветных ободков около любого изображаемого объекта.

Одним из существенных недостатков простой положительной линзы является *сферическая аберрация* — искажение изображения, связанное с тем, что световые лучи от точечного источника света, расположенного на оптической оси линзы, не собираются в одну точку с лучами, прошедшими через удаленные от оси части системы. Уменьшение сферической аберрации достигается за счет сокращения *эффективного диаметра* линзы. Для этого перед линзой

Рис. 6.
При распространении света из менее плотной среды (воздух) в более плотную (стекло) лучи преломляются по направлению к нормали, а при распространении света из более плотной среды (стекло) в менее плотную (воздух) — по направлению от нормали. Если стеклянный блок представляет собой пластину с параллельными гранями (*a*), преломленный луч остается параллельным падающему; если грани пластины не параллельны (*б*), преломленный луч образует угол с падающим лучом.

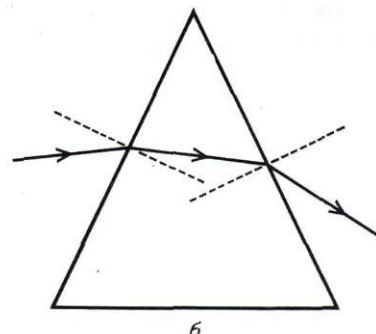
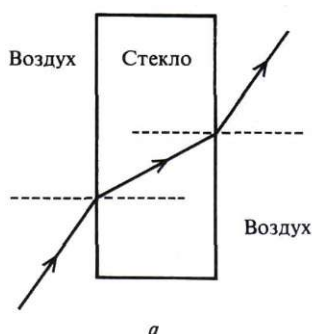
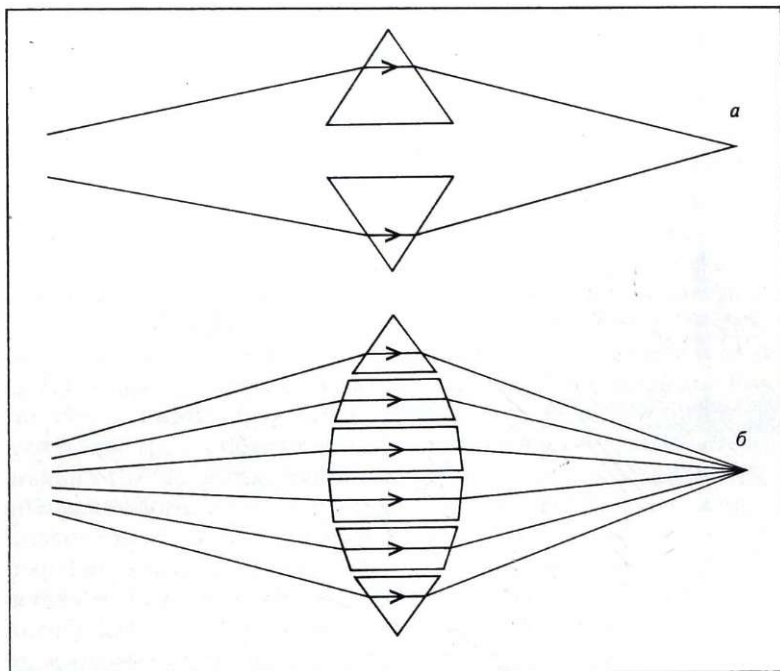


Рис. 7.

a — принцип действия простой линзы: две одинаковые призмы, расположенные симметрично относительно друг друга, направляют световые лучи в одну точку, или фокус; *b* — простая собирающая линза может быть представлена как бесконечное число призм, каждая из которых имеет несколько иной угол преломления.



помещают пластинку с небольшими круглыми отверстиями, называемыми *апертурой* или *диафрагмой*. Устранить или уменьшить сферическую aberrацию можно также путем подбора положительных и отрицательных линз оптической системы, выбором оптимальных соотношений радиусов кривизны поверхностей линз либо путем использования оптических элементов с асферическими поверхностями.

Цвет

Анализируя состав света при помощи призмы, легко убедиться, что белый свет имеет сложный спектральный состав. Другими словами, белый цвет представляет собой совокупность электромагнитных волн различной длины, т. е. совокупность лучей различных цветов. Различная преломляемость лучей разного цвета позволяет разложить белый свет на

Рис. 8.

Формирование изображения в плоскости пленки является следствием свойства собирательных линз преобразовывать лучи света, падающие параллельно ее оптической оси, в пучок лучей, сходящихся в заднем фокусе.

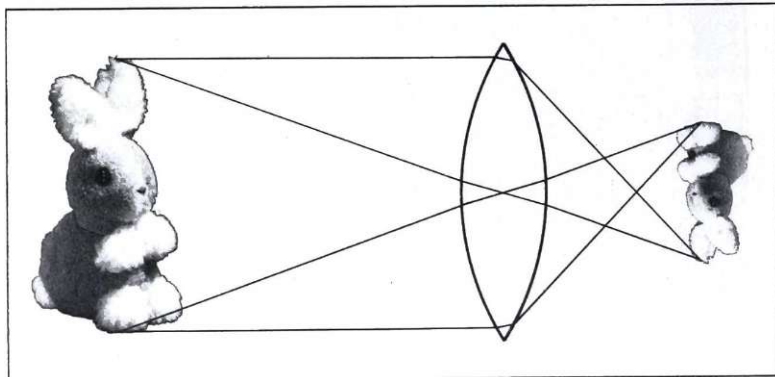




Фото 2.

Современные фотообъективы почти полностью скорректированы по хроматической аберрации (слева). Однако при больших увеличениях по краям изображения возникает цветовой ореол, что свидетельствует о наличии остаточной хроматической аберрации у широкоугольного объектива, которым была произведена съемка (справа).

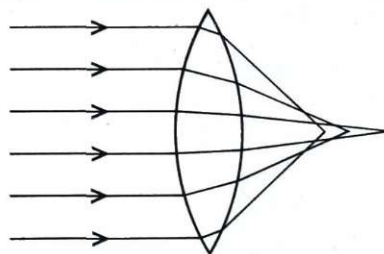
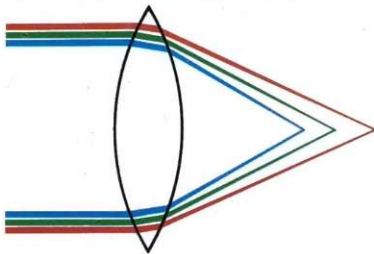


Рис. 9.

Сферическая аберрация простой линзы обусловлена несовпадением фокусов для лучей света, проходящих на разных расстояниях от ее оптической оси.

его составляющие. Окраска предметов, освещенных одним и тем же источником света, бывает весьма разнообразной, что объясняется зависимостью коэффициентов преломления и отражения от длины волны. Красная книга, например, воспринимается красной потому, что она отражает лучи только красной области спектра. Та же книга при освещении ее зеленым или синим светом будет казаться черной, так как ее поверхность поглощает все зеленые (синие) лучи и практически не отражает красные.

Различают *первичные (основные)* и *вторичные (дополнительные)* цвета. К первым относятся красный, зеленый и синий, т. е. цвета, которые не могут быть получены простым оптическим смешением излучений двух других основных цветов. При оптическом смешении трех основных цветов в определенной пропорции получается белый свет. Такой процесс называется *аддитивным синтезом цвета*. Если смешать только два первичных цветовых пучка, то получим один из трех вторичных цветов: красный и зеленый дают желтый цвет, красный и синий — пурпурный, зеленый и синий — голубой.

Вычитание из белого света отдельных его спектральных составляющих (обычно зеленых, красных и синих излучений основного цвета) путем последовательного поглощения этих составляющих соответствующими светофильтрами называется *субтрактивным синтезом цвета*. При этом предполагается, что



Фото 3.

При съемке в камеру вместо объектива было вставлено простое увеличительное стекло: потеря резкости почти полностью связана со сферической аберрацией.



а

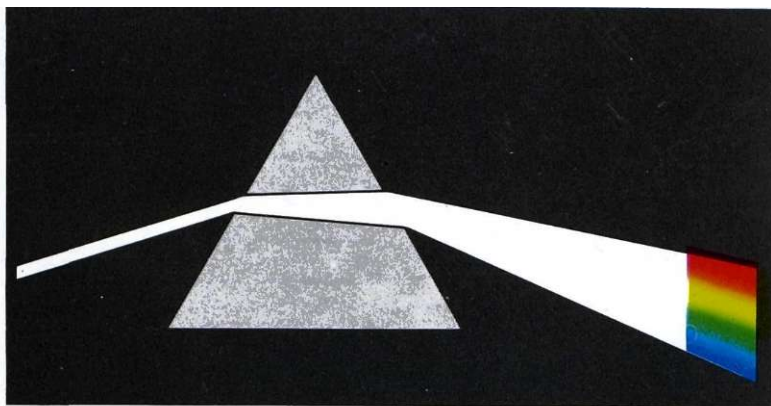
Рис. 10.

а — цвет света зависит от его длины волны (синие лучи являются излучением с более короткой длиной волны, чем красные); б — белый свет может быть разложен на составляющие цвета, если его пропустить через призму.

фильтры имеют совершенно *чистые (насыщенные)* цвета. Полностью насыщенный цвет пропускает или отражает не более двух первичных цветов. Например, книга насыщенного красного цвета, отражает только красный цвет и поглощает синий и зеленый. Чернила «пастельного» красного цвета отражают все три первичных цвета, но красный сильнее, чем синий и зеленый.

Процесс субтрактивного синтеза цвета лежит в основе большинства методов цветной фотографии, так как позволяет воспроизводить все цвета объекта, используя в различных пропорциях красители только трех вторичных (желтого, пурпурного и голубого) цветов.

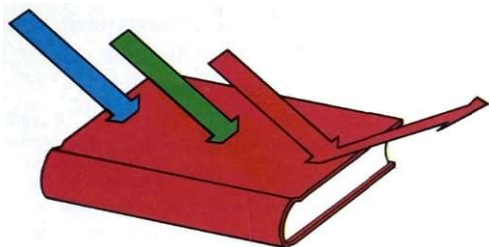
Цветные фотографии, приводимые в данной книге,



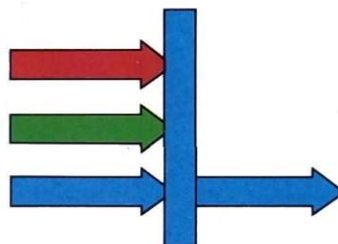
б

Рис. 11.

а — красная книга отражает лучи красного цвета и поглощает все остальные; б — синее стекло пропускает только лучи синего цвета и поглощает все остальные.



а



б

воспроизведены при помощи печати типографскими красками, для приготовления которых использовались различной величины цветные точки желтого, пурпурного и голубого красителя. Обычно применяют еще и черный краситель, так как цветовая чистота красителей (пигментов), используемых для приготовления типографских красок, такова, что все три цвета вместе дают коричневатый-черный цвет, а не нейтрально-черный. Оттенки объекта воспроизводятся за счет различного относительного размера цветных точек, в то время как «разбавление» цвета достигается в результате соответствующего соотношения относительного размера точек и площади участков белой бумаги между ними.

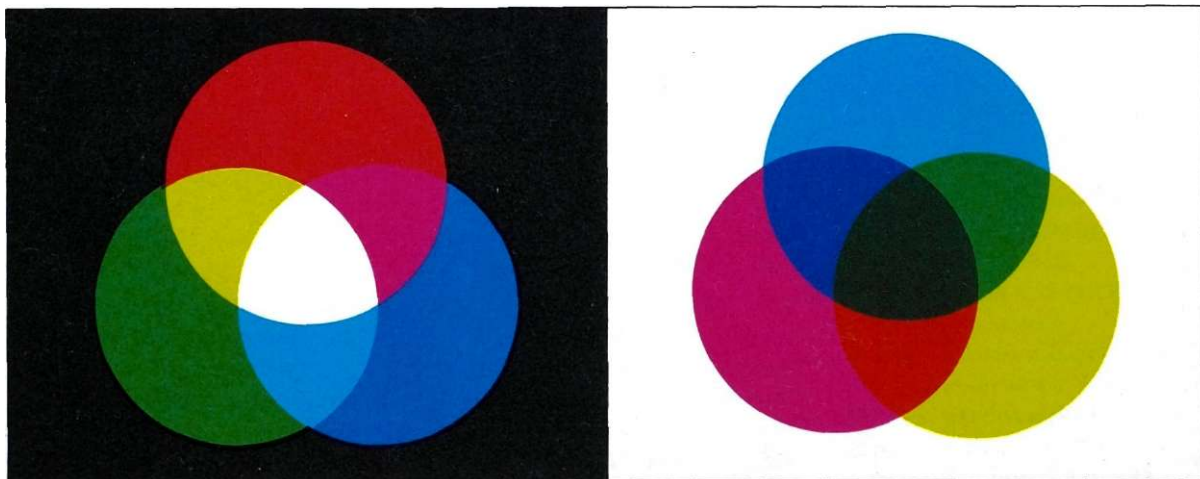


Рис. 12.

Аддитивный синтез цвета.

Рис. 13.

Субтрактивный синтез цвета.

Искусственные источники света

Одни тела поглощают или отражают свет, в то время как другие излучают свет, т. е. при определенных условиях сами становятся источниками света, который, воздействуя на наш глаз, вызывает определенные зрительные ощущения. Существуют различные способы создания искусственных источников света. Наиболее известный и широко распространенный из них состоит в нагревании тел до температуры их свечения (белого каления). Именно такими источниками света являются свеча, керосиновая лампа, электрические лампочки, лампа накаливания, газоразрядные лампы. Последние заслуживают особого внимания, поскольку могут быть использованы для создания электронных импульсных вспышек: кратковременный и чрезвычайно яркий разряд достигается при пропускании электрического тока через инертный газ ксенон. Одним из видов газоразрядного источника света являются флуоресцентные лампы. В этом случае внутренняя поверхность лампы (трубки) покрывается слоем специального вещества — фосфора; способность последнего поглощать значительную долю невидимого излучения, возникающего при разряде в газе, и испускать видимое излучение позволяет значительно повысить яркость свечения таких ламп.

Принципиальная конструкция фотографического аппарата

Основой конструкции любого фотоаппарата, включая самые простые и самые сложные, является светонепроницаемая камера, которая предохраняет светочувствительный слой фотоматериала от засветки посторонним светом. На передней стенке камеры крепится съемочный объектив, а внутри камеры, у ее задней стенки, напротив объектива, — кадровая рамка.

Объектив (даже самых дешевых камер) представляет собой комбинацию двух (или более) линз, подобранных таким образом, чтобы свести к минимуму искажения (*абберации*) объекта съемки, возникающие вследствие оптического несовершенства линз. Для регулирования *действующего* (*эффективного*) отверстия объектива последний снабжен специальным устройством в виде светонепроницаемой перегородки (*диафрагмы*), которая обычно помещается внутри объектива. В дешевых фотоаппаратах функцию диафрагмы выполняет вращающаяся металлическая пластинка, имеющая отверстия различного диаметра, которая располагается за объективом. Наиболее распространенной является *ирисовая диафрагма* — набор перекрывающихся металлических

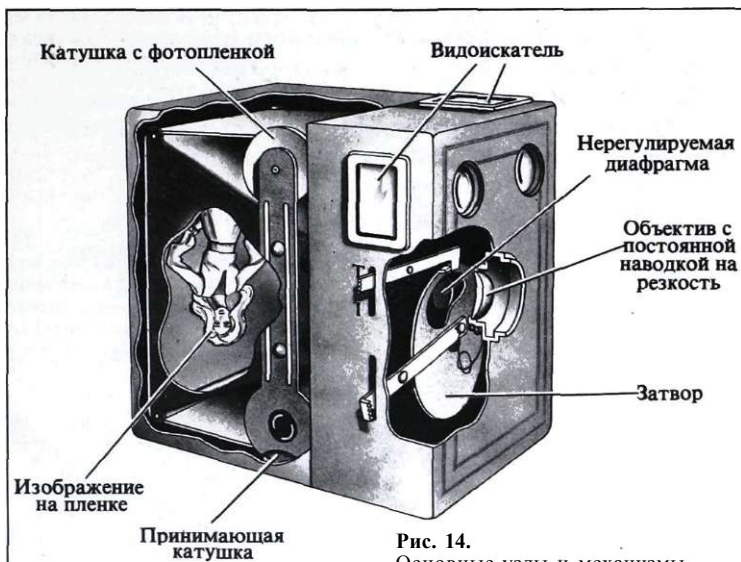


Рис. 14.
Основные узлы и механизмы
фотографического аппарата.
Первый в мире фотоаппарат,
мряжгнвшийся роликовой пленкой.

был создан в 1888 г. американским изобретателем Дж. Истменом. Такой аппарат представлял собой, по существу, простой деревянный ящик с зачерненными внутренними стенками, на одном конце которого размещалась фотопленка, а на другом — простейший одноэлементный, без наводки на фокус объектив. Затвор простой конструкции обычно имел две установки — «моментальную», при которой срабатывала фиксированная выдержка около $1/25$ с, и «время», при которой затвор оставался открытым до тех пор, пока был нажат спусковой рычаг. На рисунке изображена более поздняя модель камеры Истмена, имеющая два видоискателя — один для горизонтальных и другой для вертикальных съемок. Изобретение Истмена способствовало широкому распространению фотографии, поскольку, согласно рекламе, фотографу надо было лишь нажать кнопку — остальное было делом фирмы.

дугообразных лепестков (*ламелей*), размещенных между линзами объектива. Диаметр светового отверстия такой диафрагмы, имеющего почти круглую форму, можно плавно изменять в определенных пределах, вращая специальный поводок или кольцо, расположенное на внешней части оправы объектива и связанное с ламелями.

Большинство камер снабжено оптической системой (*видоискателем*), которая позволяет определять границы кадра. Простейший видоискатель представляет собой несложное приспособление в виде непрозрачной планки со смотровым отверстием, через которое объект съемки воспринимается слегка уменьшенным. Во многих камерах перед смотровым окном видоискателя располагается светящаяся рамка, указывающая границы изображения объекта на кадре. Дорогие фотоаппараты оснащены встроенными зеркальными видоискателями, причем в одних объективом видоискателя служит съемочный объектив, а у других видоискатель имеет свой собственный объектив.

Практически во всех фотоаппаратах, за исключением самых дешевых, предусмотрен механизм наводки на резкость (фокусировки). Такой механизм позволяет перемещать объектив относительно пленки вдоль его оптической оси и таким образом получать резкое изображение объекта независимо от расстояния последнего до фотоаппарата. Чем ближе к фотоаппарату находится объект съемки, тем дальше приходится удалять объектив от пленки. Часто система фокусировки включает в себя визуальный контроль положения объекта съемки «в фокусе», что избавляет фотографа от необходимости прямого измерения расстояния до объекта. В ряде камер это достигается с помощью *дальномера*, совмещенного с видоискателем.

Для регулирования времени воздействия света на светочувствительный слой фотоматериала внутри камеры, устанавливается *фотографический затвор*, обычно между линзами объектива. Такие затворы называются *межлинзовыми* (*центральными* или *лепестковыми*). Большинство современных фотоаппаратов снабжено *шторными* (*фокальными*) затворами в виде двух металлических или матерчатых шторок, которые размещаются в нескольких миллиметрах от плоскости пленки. Скорость срабатывания затвора (время, в течение которого затвор остается открытым) регулируется либо механически (при помощи системы пружин и шестеренок), либо электрически (при помощи электронного устройства).

Одним из основных узлов фотокамеры является *кассета* — светонепроницаемая коробка (патрон), в которую помещается светочувствительный фотоматериал. Кассеты, предназначенные для фотопластинок или форматных пленок, имеют плоскую форму. Они могут быть металлическими или деревянными, одинарными или двойными. После установки такой кассеты в фотоаппарат светозащитная заслонка, закрывающая фотоматериал, удаляется, а после экспонирования возвращается на место. В большинстве современных

фотоаппаратов используются цилиндрические кассеты из металла или пластмассы, предназначенные для роликовых фотоматериалов.

Первые фотокамеры для роликовых пленок имели на задней стенке небольшое окошечко, через которое можно было видеть отпечатанные на бумажной ленте номера. Это позволяло перемотать пленку точно на необходимую длину для съемки очередного кадра и определить число отснятых кадров. Большинство современных фотоаппаратов снабжено специальным *наматывающим (лентопротяжным) механизмом*, который автоматически стопорится, когда в кадровой рамке размещается очередной кадр пленки. Механизм протяжки пленки, как правило, связан со *счетчиком кадров*, который указывает либо число отснятых кадров, либо число оставшихся кадров; после каждой съемки механическая блокировка предотвращает срабатывание затвора, пока не будет установлен следующий кадр.

Объектив и диафрагма

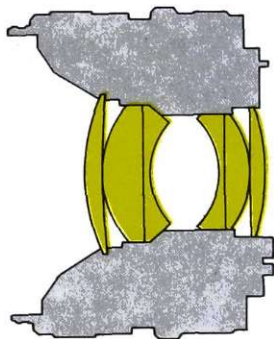


Рис. 15.
Форма и взаимное расположение различных оптических элементов типичного фотографического объектива.

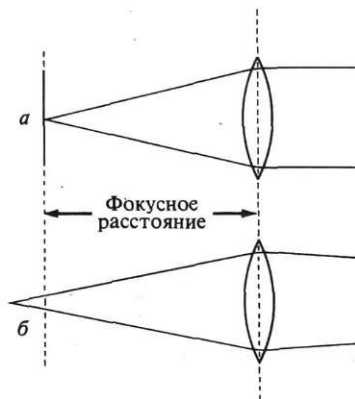


Рис. 16.
a — световые лучи от объекта, расположенного на значительном расстоянии от объектива, практически параллельны его оптической оси и, пройдя сквозь объектив, собираются в точке, которая находится от его оптического центра на расстоянии, равном фокусному расстоянию объектива; *б* — световые лучи объекта, близко расположенного к объективу, фокусируются в точке, удаленной от объектива больше, чем на фокусное расстояние, и для получения резкого изображения необходимо увеличить расстояние между объективом и пленкой.

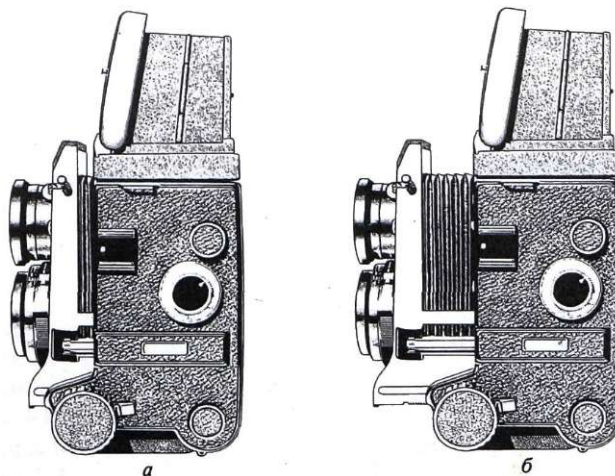
Оптическая система, используемая в фотоаппаратах для формирования оптического изображения объекта съемки, называется *объективом*. Современные фотографические объективы представляют собой комбинацию положительных и отрицательных линз, изготовленных из стекла различного сорта и имеющих разный показатель преломления. Объективы простых камер состоят из двух-трех линз, а объективы с переменным фокусным расстоянием или особенно широкоугольные объективы — из десяти линз и более. При разработке таких объективов конструктор должен стремиться к оптимизации их формы и определению наилучшего сочетания показателей преломления используемых линз. Поскольку число возможных сочетаний этих показателей практически безгранично, конструктор вынужден проделать большой объем работ, связанных с расчетом нового объектива, чтобы найти оптимальное сочетание для данного конкретного случая. Появление современных электронно-вычислительных машин позволило существенно сократить время, затрачиваемое на подобные расчеты, а объективы, сконструированные в соответствии с такими расчетами, дают изображение высокого качества по всему полю кадра.

Чтобы изображение в плоскости пленки было резким, расстояние между пленкой и объективом должно изменяться в зависимости от расстояния между фотоаппаратом и объектом съемки. В дешевых камерах положение объектива строго фиксировано, т. е. объектив не может перемещаться относительно плоскости пленки вдоль своей оптической оси. Положение объектива выбирается таким, чтобы обеспечить приемлемую резкость изображения всех объектов (сюжетов), расположенных от фотоаппарата на расстоянии 1,5 м и больше.

В большинстве камер предусмотрен механизм фокусирования объектива: фокусировка осуществляется путем вращения части (кольца) оправы объектива. При вращении фокусирующего кольца (кольца дистанций) оптический блок объектива перемещается вперед или назад относительно плоскости пленки. Как правило, подвижным делается весь блок, в редких случаях — только передняя линза. На фокусирующем кольце имеется шкала расстояний, а иногда и шкала глубины резкости. Наличие в камере оптического дальномера, механически связанного с устройством для фокусировки или видоискателем, позволяет визуально

Рис. 17.

В некоторых аппаратах механизм фокусировки встроен в корпус камеры и, следовательно, не является частью объектива. В двухобъективных зеркальных камерах (а) это неизбежно, поскольку основной объектив и объектив видоискателя должны перемещаться совместно, чтобы обеспечить связь между изображением на матовом стекле видоискателя и на пленке. Панель (б), на котором укреплены оба объектива, перемещается с помощью профилированного ползкового механизма, который соединен с фокусирующей головкой на корпусе аппарата. Объективная доска и корпус соединяются с помощью растяжимого светонепроницаемого меха гармошки.



контролировать точность наводки на резкость.

В большинстве камер между линзами объектива устанавливается ирисовая диафрагма. Такая диафрагма представляет собой подвижные металлические ламели, расположенные равномерно вокруг оптической оси объектива. Перемещение ламелей осуществляется вращением установочного кольца или поводка диафрагмы. Установочное кольцо имеет шкалу диафрагменных чисел. У многих объективов установочное кольцо фиксируется на каждом числовом значении диафрагмы и в промежутках между ними, что обеспечивает большую точность установки диафрагмы.

Диафрагменное число, по существу, есть величина, обратная относительному отверстию объектива, и оно характеризует соотношение между относительным отверстием и фокусным расстоянием объектива для каждого конкретного значения диафрагмы. Эти значения стандартизированы и образуют ряд в виде геометрической прогрессии со знаменателем $\sqrt{2}$. Началом отсчета является соотношение $f:1$ или $1:1$. В этом случае диаметр действующего отверстия объектива равен его фокусному расстоянию. Следующая точка отсчета выбирается таким образом, чтобы она соответствовала диафрагме, при которой освещенность оптического



Фото 4.

Роль диафрагмы в управлении экспозицией состоит в изменении яркости изображения на пленке.



Рис. 18.

Во многих камерах фокусирующий механизм представляет собой винтовую нарезку с большим шагом, встроенную в оправу объектива. Шкала расстояний имеет обычно отметки и в метрах, и в футах (1 фут = 30 см) и снабжена шкалой глубины резкости. Данный объектив установлен на расстоянии до объекта 5 м, величина диафрагмы 1:16. Шкала глубины резкости показывает, что в этом случае резкими получаются все объекты, расположенные от объектива на 2,5 м и до бесконечности.

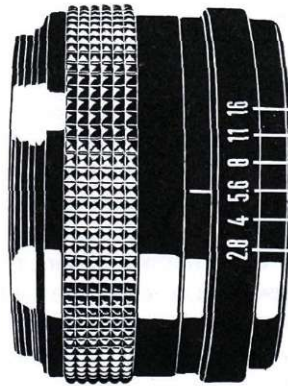
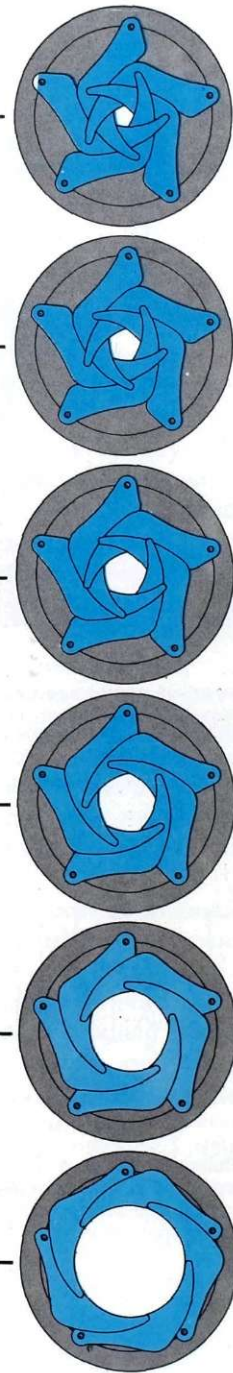


Рис. 19.

Размеры относительного отверстия диафрагмы при установке ее значений.



изображения объекта уменьшается в два раза, т. е. эффективная площадь диафрагмы должна быть в два раза меньше, чем в предыдущем случае. Поскольку площадь круга пропорциональна квадрату радиуса, уменьшение эффективной площади диафрагмы фактически означает уменьшение диаметра на величину, равную фокусному расстоянию, деленному на $\sqrt{2}$, или $f: 1,414$. Следующее значение диафрагмен-

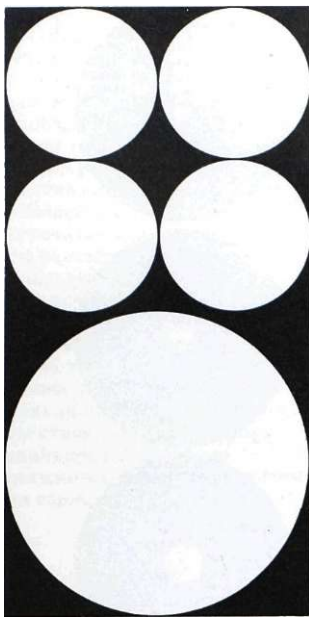


Рис. 20.

Площадь круга прямо пропорциональна квадрату его диаметра. Большой круг больше каждого маленького в четыре раза по площади и всего в два раза по диаметру.

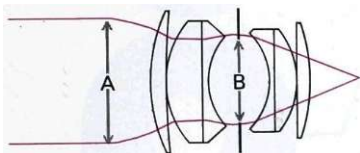


Рис. 21.

Эффективный диаметр используется для калибровки шкалы диафрагмы. У сложного объектива эффективный диаметр A может не совпадать с его действительным диаметром B вследствие сложного хода лучей через объектив.

Фото 5.

Величина диафрагмы влияет не только на экспозицию, но и на глубину резкости: при больших отверстиях диафрагмы глубина резкости меньше, а при малых отверстиях больше. *Слева* — фотосъемка производилась при относительном отверстии 1:1,4; *справа* — фотосъемка производилась при относительном отверстии 1:22.

ного числа будет соответствовать уменьшению освещенности оптического изображения объекта в четыре раза, т. е. $f: \text{qrt}(4)$, или $f:2$ (или 1:2). Таким образом получают весь ряд численных значений диафрагмы: 1,0 1,4 2 2,8 4 5,6 8 11 16 22 32 45 64 и т. д. При переходе от одного значения диафрагменного числа к следующему (большему или меньшему) освещенность изменяется (уменьшается или увеличивается) в два раза.

В действительности объективы очень редко имеют столь большую диафрагму, как 1:1. Максимальное значение диафрагмы, как правило, зависит от стоимости камеры и типа объектива: камеры средней стоимости обычно имеют объективы с максимальной диафрагмой (светосилой) примерно 1:2,8; дорогие однообъективные зеркальные камеры снабжены объективами с максимальной диафрагмой 1:1,4 и даже 1:1,2. Максимальное относительное отверстие не всегда имеет числовое значение из указанного ряда; например, оно может быть 1:1,2 или 1:1,8. В этом случае переход к нормальному ряду начинается со второго числового индекса. У большинства малоформатных 35-мм камер наименьшее значение диафрагмы равно 1:16 или 1:22, в то время как у камер большого формата оно может быть 1:32 и даже 1:45.

Как уже отмечалось, диафрагменное число связывает фокусное расстояние и действующее отверстие объектива. Поэтому если на объективах, имеющих разное фокусное расстояние, установлено одно и то же значение диафрагмы, то при одинаковых условиях освещения яркость изображения в фокальной плоскости объективов (на пленке) будет одинаковой. Это позволяет использовать информацию о необходимой экспозиции, полученную с помощью таблиц или экспонометров, независимо от типа камеры и фокусного расстояния ее объектива.

Помимо ограничения поперечного сечения световых пучков, проходящих через объектив, и уменьшения освещенности фотоматериала при его экспонировании диафрагма выполняет еще одну важную функцию — увеличивает глубину резко изображаемого пространства.

Заметим, что на основании даже самых тщательных расчетов, выполненных на электронно-вычислительной машине, невозможно сконструировать оптическую систему (объектив), которая была бы полностью свободна от aberrаций. Поскольку aberrации в основном обусловлены



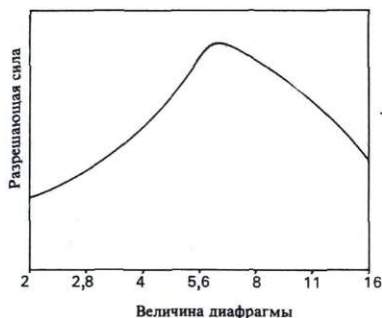


Рис. 22.

Типичный фотообъектив дает наилучшее разрешение примерно на третьем делении диафрагмы после максимального относительного отверстия. При значениях диафрагмы больше оптимальных разрешение ограничивается aberrациями оптических элементов объектива; при значениях меньше, чем оптимальные, — дифракционными явлениями.

Фото 6.

Угол зрения камеры определяется фокусным расстоянием ее объектива. Использование камер со сменной оптикой позволяет регулировать поле зрения, не изменяя точку съемки. *Слева* — фотосъемка осуществлялась широкоугольным объективом; *в центре* — фотосъемка осуществлялась нормальным объективом; *справа* — фотосъемка осуществлялась телеобъективом.

лучами, проходящими по периметру объектива, использование малого отверстия диафрагмы позволяет существенно уменьшить искажения изображения, вызванные aberrациями. Однако при значительном уменьшении отверстия диафрагмы наблюдается потеря резкости вследствие увеличения влияния дифракции. Поэтому оптимальным вариантом с точки зрения качества изображения являются значения диафрагменного числа, находящиеся в диапазоне от 1:5,6 до 1:11, т. е. приблизительно на втором или четвертом значении шкалы диафрагмы, начиная от максимального относительного отверстия. Это обстоятельство имеет важное практическое значение, особенно при большом увеличении негатива в процессе печати, когда разрешающая способность (резкость) приобретает особую важность.

Многие камеры рассчитаны на сменную оптику. Другими словами, при работе с такими камерами можно использовать набор объективов, имеющих разное фокусное расстояние, что в свою очередь позволяет менять угол зрения, а следовательно, включать в кадр большее (или меньшее) число предметов, чем при фотографировании нормальным объективом с той же точки съемки. При увеличении фокусного расстояния угол зрения уменьшается и главный объект съемки, «приближаясь», заполняет большую часть кадра; при уменьшении фокусного расстояния угол зрения увеличивается, что позволяет ввести в кадр большее число предметов. Одновременное изменение фокусного расстояния и точки съемки дает возможность изменять перспективу, влияя на кажущиеся размеры предметов на переднем и заднем плане относительно главного объекта съемки.

Большинство сменных объективов имеет постоянное (фиксированное) фокусное расстояние. В настоящее время выпускаются объективы, у которых фокусное расстояние можно произвольно изменять (плавно или ступенчато) в пределах, обусловленных их конструкцией. Каждый сменный объектив имеет свою собственную диафрагму и, как правило, свой собственный механизм фокусировки. Объектив крепится на передней стенке камеры с помощью резьбы или байонета — крепежного узла, состоящего из двух деталей, одна из которых расположена на оправе объектива и имеет выступы, а другая — на корпусе камеры и имеет соответственно расположенные пазы.

Одна из важных проблем, возникающих при создании



Фото 7.

«Просветление» каждой поверхности раздела стекло — воздух оптических элементов объектива увеличивает его светопропускание и ослабляет блики. Контроль бликов бывает особенно важен при съемке против света. *Слева* — съемка производилась непросветленным объективом; *справа* — съемка производилась объективом с многослойным просветлением.



сложной многолинзовой оптики, связана с уменьшением потерь света вследствие отражения от поверхности линз. В идеальном случае линза должна была бы пропускать весь свет, падающий на ее поверхность. В действительности 5 % света теряется вследствие отражения на каждой поверхности раздела *стекло — воздух*. Если объектив состоит из нескольких линз, то общие потери света становятся значительными. Кроме того, часть отраженного света может претерпеть многократное отражение от линз и деталей оправы объектива (что приведет к появлению паразитных бликов) и попасть на пленку (что приведет к общей засветке пленки). В этом случае на фотографии появятся либо яркие пятна (полосы), расположенные рядом или окружающие яркие источники света, либо вуаль, снижающая контраст изображения.

Чтобы уменьшить потери света, обусловленные отражением световых лучей от поверхности линз, каждую поверхность покрывают тонким слоем прозрачного материала, обычно фтористого натрия или магния, который имеет иной, чем стекло, показатель преломления. Для этого порошок фторида помещают в специальную лодочку, которая вместе с оптическими деталями объектива размещается в вакуумной камере. При нагревании лодочки фторид испаряется и его пары оседают на поверхности оптических деталей, при этом толщина осаждающего слоя должна составлять $\frac{1}{4}$ длины волны зеленого света. (Предпочтение отдается зеленому свету, поскольку он занимает промежуточное положение в спектре видимого света.) Такое покрытие снижает отражение света за счет интерференции световых лучей: луч света, пройдя сквозь пленку толщиной d , отразится дважды — от внутренней и наружной ее поверхности. Отраженные лучи будут иметь постоянную разность фаз, равную удвоенной толщине пленки, отчего лучи становятся когерентными и будут интерферировать.

Полное гашение лучей произойдет при $d = \lambda/4$. В результате доля отраженного света будет падать (приблизительно до 2% на каждой границе *стекло — воздух*), а прошедшего — соответственно возрастать. Поскольку прошедший свет содержит в основном зеленые лучи, в отраженном свете возрастает доля синих и красных, в результате чего линзы объектива приобретают пурпурную окраску.

В последнее время многие изготовители объективов стали выпускать оптику с многослойным просветлением (МС — Multi-Coating), что позволило уменьшить потери света вследствие отражения вплоть до 0,2% для каждой стеклянной поверхности. Для этого на поверхности линз наносятся два и более просветляющих слоя, каждый из которых имеет свой показатель преломления. В результате показатель преломления оптической системы плавно меняется с глубиной и просветление достигается почти по всему видимому спектру, а не в отдельных его участках. Блики в таких объективах настолько ослаблены, что в кадр без опасения вызвать паразитные рефлексы можно включать даже солнце.

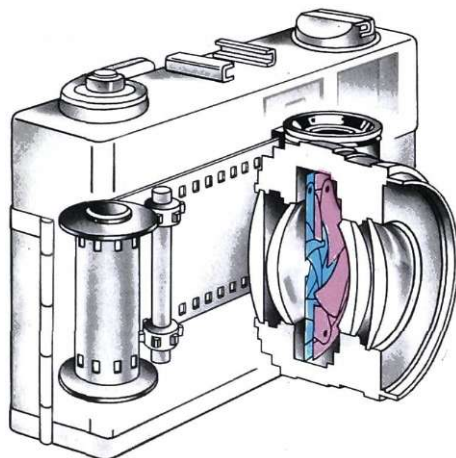
Фотографический затвор

Первоначально фотографические материалы имели настолько низкую светочувствительность, что для получения снимка нередко требовалась выдержка в несколько минут. Экспонирование осуществлялось простым снятием защитной крышки объектива. С появлением более чувствительных фотоматериалов в камерах стали устанавливать специальные механические затворы. Первые фотозатворы были громоздкими и позволяли обрабатывать только очень большие выдержки. По мере повышения светочувствительности фотоматериалов совершенствовалась и усложнялась конструкция затворов. Современные фотозатворы бывают двух типов — *межлинзовые* (или *центральные*) и *шторные*.

Межлинзовые фотозатворы

Фотозатворы данного типа обычно располагаются между линзами объектива, рядом с ирисовой диафрагмой. Они состоят из нескольких металлических *шторок (ламелей)*, напоминающих шторы ирисовой диафрагмы, и приводятся в действие с помощью сложной системы пружин, шестеренок и рычажков. Когда затвор закрыт, шторы перекрывают одна другую и преграждают доступ световому лучу к фотоматериалу (пленке). При нажатии спусковой кнопки взведенные пружинки освобождаются и тем самым приводятся в действие механизм перемещения шторок — шторы открываются и остаются открытыми в течение всего времени экспонирования. Раньше для взвода затвора предусматривался специальный *рычаг взвода*-, у большинства современных моделей эта

Рис. 23. Межлинзовый (центральный) затвор (изображен красным цветом) располагается между элементами объектива. В одних аппаратах затвор размещается перед диафрагмой (изображена синим цветом), в других — за диафрагмой.



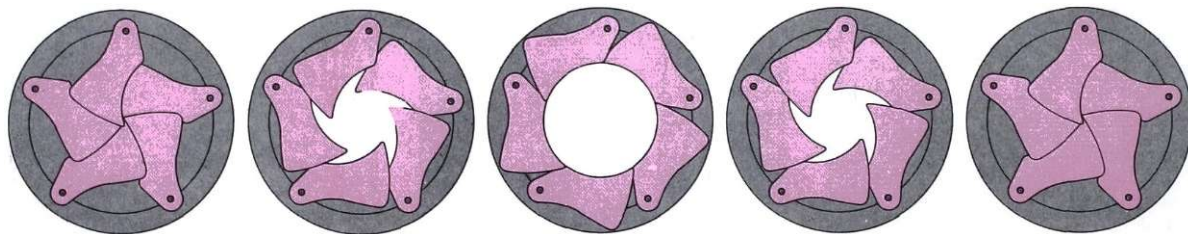


Рис. 24.

В закрытом состоянии ламели центрального затвора перекрывают друг друга и не дают лучам света пройти сквозь объектив. При нажатии спусковой кнопки пружинный механизм приводит шторки во вращательное движение на их осях, открывая путь световому потоку. После заранее установленной выдержки шторки возвращаются в первоначальное положение, ограничивая экспонирование пленки.

операция объединена с механизмом установки очередного кадра пленки.

Самые малые выдержки, которые может обеспечить межлинзовый затвор, обычно составляют $1/500$ с, что связано с инерционностью системы перемещения шторок. В идеальном случае ламели должны были бы мгновенно открываться и мгновенно закрываться. В действительности, чтобы ламели пришли в движение (при открытии или закрытии затвора), необходимо некоторое конечное время, и при выдержке $1/500$ с ламели только успевают достичь полностью открытого положения и сразу же должны изменить направление движения, чтобы закрыться.

Полностью механические затворы обычно имеют максимальный диапазон выдержек от $1/500$ до 1 с. Каждая выдержка почти точно вдвое больше предыдущей, т. е. весь набор составляет ряд: $1/500$, $1/250$, $1/125$, $1/60$, $1/30$, $1/15$, $1/8$, $1/4$, $1/2$ и 1 с. Такой набор хорошо согласуется со стандартной шкалой диафрагм.

Затворы с электронным управлением позволяют непрерывно изменять выдержку в пределах заданного диапазона. Это делает их идеальными для применения в камерах, у которых скорость затвора устанавливается автоматически в зависимости от условий освещения. Диапазон больших выдержек при этом увеличивается, достигая в некоторых конструкциях 30 с.

Помимо числовых значений времени, в течение которого затвор остается открытым, на головке выдержек многих камер имеются символы В и Т. В первом случае затвор остается открытым до тех пор, пока нажата спусковая кнопка; во втором случае спусковую кнопку надо нажать дважды: первый раз — для открытия, а второй — для закрытия затвора. Необходимость в установке механизма затвора в положение В и Т возникает при слабом освещении, когда требуются большие выдержки, например при фотографировании в ночное время.

У многих затворов имеется еще и механизм задержки (автоспуск) — устройство, обеспечивающее автоматическое срабатывание затвора через несколько секунд (обычно 10—15) после нажатия спусковой кнопки. Это позволяет фотографу самому войти в кадр. Кроме того, если камера установлена на штативе или другой опоре, то автоспуск дает возможность произвести съемку особенно мягко, без сотрясения камеры, что особенно важно при больших выдержках.

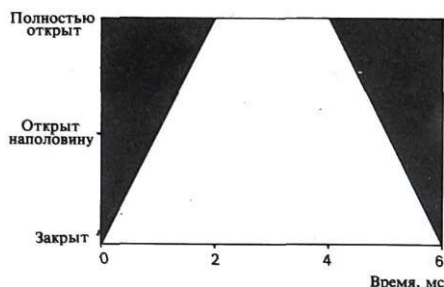


Рис. 25.

Вследствие инерционности механизма затвора шторкам требуется некоторое время, чтобы открыться и закрыться. Предел скорости затворов такого типа составляет около $1/500$ с. На рисунке показан затвор, который был открыт на время $1/250$ с.

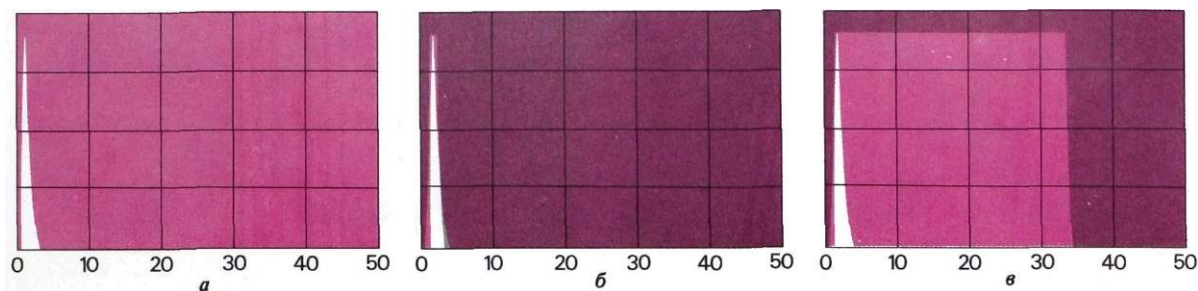


Рис. 26.

Характеристики светоиспускания электронных импульсных ламп, а также вспышек одноразового действия, *а* — импульс типичной электронной вспышки (на горизонтальной оси указано время, а на вертикальной оси — интенсивность излучения).

Основная доля энергии излучения приходится на интервал 1—2 мс; *б* — тот же самый импульс и характеристики центрального фотозатвора, установленного на скорость 1/500 с при X-синхронизации. Синхроконттакт замыкается для поджига вспышки сразу, как только затвор полностью открылся. Затвор остается открытым практически в течение всего времени светового импульса;

в — затвор установлен на скорость 1/30 с при X-синхронизации. Как и раньше, вспышка срабатывает сразу, как только фотозатвор полностью открылся, и используется вся энергия импульса. Экспозиция от вспышки заканчивается в течение первой короткой доли от полного времени открытия фотозатвора, и, если не используется смешанное освещение, в оставшуюся долю времени открытия затвора пленка не экспонируется. Таким образом, при работе с электронными импульсными лампами совместно с центральным фотозатвором выбранная скорость затвора не влияет на величину экспозиции.

Большинство межлинзовых затворов имеет пару электрических контактов для соединения со специальным разъемом, который находится на корпусе камеры и к которому подсоединяется синхронизирующий провод от лампы-вспышки. Контакты замыкаются в момент срабатывания затвора. Поскольку характеристики разряда электронных импульсных ламп и ламп-вспышек одноразового действия различны, у многих фотоаппаратов предусмотрены два контакта для синхронизации: X-контакт — для электронных импульсных ламп и М-контакт — для одноразовых вспышек¹.

Электронная лампа дает вспышку света максимальной интенсивности практически сразу же после замыкания синхронизирующих контактов, поэтому синхронизация в положении X осуществляется в момент полного открытия ламелей затвора. Длительность электронной вспышки обычно составляет 1/800 с или меньше, и скорость затвора практически не влияет на экспозицию. Электронную вспышку нельзя использовать с М-синхронизацией, так как вспышка произойдет немедленно после замыкания синхроконттактов, а ламели затвора еще только начнут открываться. В результате пленка окажется неэкспонированной.

У одноразовых ламп-вспышек время достижения максимальной яркости существенно больше. Вспышки начинают излучать свет через 2 мс (или 1/500 с) после замыкания синхроконттактов. Примерно через 16 мс световая отдача вспышки достигает максимума, затем плавно уменьшается, и через 40 мс (1/25 с) лампа гаснет. Поэтому в положении М ламели должны полностью открывать кадровое окно примерно через 12 мс после замыкания синхроконттактов, т. е. в момент наиболее яркого свечения вспышки². Это означает, что при съемке с одноразовыми лампами-вспышками скорость затвора влияет на экспозицию пленки.

При достаточно больших выдержках одноразовые

¹ Символ X означает «ксенон» (Xenon) — газ, которым обычно наполняют газоразрядные трубки электронных импульсных ламп, символ М означает магний — содержимое ламп-вспышек химического действия. — *Прим. ред.*

² Время между замыканием контактов и полным открытием затвора называется *временем упреждения*; оно указывается в описаниях вспышек одноразового действия и может быть различным для разных моделей. — *Прим. ред.*

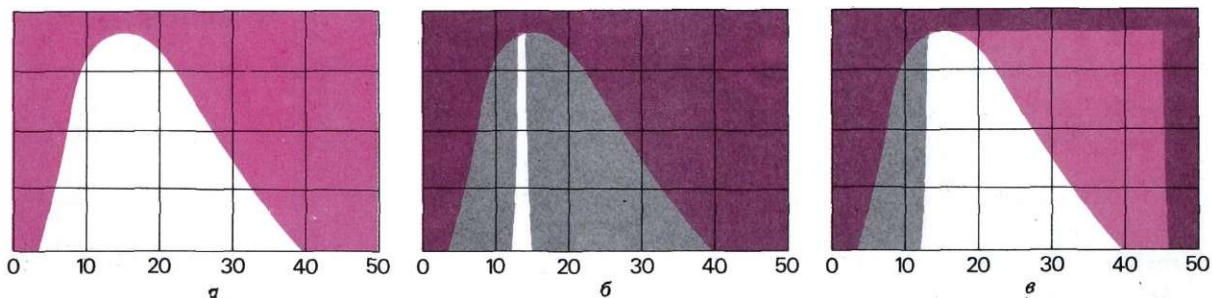


Рис. 27.

a — световой импульс от типичной вспышки одноразового действия. Если предположить, что поджигающий импульс приложен в начале координат (точка 0), то видно, что существует задержка, пока лампа «разгорится» и начнет светиться, и максимум свечения наблюдается примерно через 16 мс после поджига; *б* — использование такой вспышки при скорости фотозатвора 1/500 с и М-синхронизации. Синхронизирующие контакты замыкаются в момент нажатия спусковой кнопки, но открытие затвора задерживается, пока световая отдача лампы не достигнет максимума. При такой скорости затвора полезно использовать только часть энергии вспышки и обычно устанавливают меньшую скорость; *в* — скорость фотозатвора составляет 1/30 с. Значительно большая доля световой энергии будет полезно использоваться для экспонирования пленки. Таким образом, при работе с одноразовыми лампами-вспышками выбор скорости фотозатвора влияет на величину экспозиции.

вспышки можно использовать и с X-синхронизацией. Тип синхронизации обычно устанавливается с помощью специального небольшого рычажка, который фиксируется в положении V, X или M. Положение V соответствует автоматическому режиму механизма затвора (автоспуску). Когда затвор установлен на автоматический режим, возможна только X-синхронизация.

В большинстве камер, которые заряжаются специальными неразъемными кассетами (например, камеры для пленки типа 110 или 126), предусмотрены специальные гнезда для подключения ламп-вспышек одноразового действия особой конструкции — вспышек-кубиков или вспышек-стержней.

Шторный фотозатвор

В некоторых случаях, особенно когда камера рассчитана на применение сменной оптики, межлинзовые затворы оказываются неудобными, так как каждый сменный объектив приходится снабжать своим собственным затвором. Поэтому затвор стараются сделать частью самой камеры, а не объектива. Такой затвор размещается вблизи фокальной плоскости съемочного объектива на расстоянии 1 — 2 мм от плоскости пленки (кадрового окна). Типичный шторный затвор представляет собой две шторы (световые заслонки) из гибкого светонепроницаемого материала (черной ткани или тонкого листа металла), которые перемещаются параллельно фокальной плоскости объектива. Перед спуском затвора первая (открывающая) шторка полностью закрывает кадровое окно, предохраняя пленку от воздействия света. При нажатии спусковой кнопки шторка «проскакивает» кадровое окно и наматывается на барабан. Через определенный отрезок времени в движение приходит вторая (закрывающая) шторка, которая перемещается до тех пор, пока полностью не закроет кадровое окно. При перемещении шторок между хвостовым краем первой шторки и передним краем второй шторки образуется щель, при передвижении которой параллельно плоскости кадрового окна последовательно экспонируется каждый участок пленки. Шторки перемещаются относительно пленки с одной скоростью независимо от скорости затвора; в обычной 35-мм однеобъективной зеркальной камере время перемещения шторок относительно кадрового окна составляет около 10 мс. Скорость затвора регулируется путем изменения

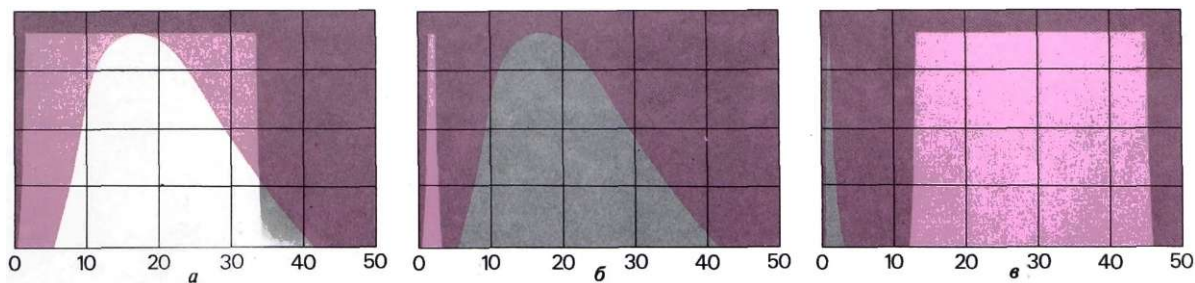


Рис. 28.

Одноразовые лам мы-вспышки могут использоваться с фотозатвором, установленным в положение X-синхронизации. При этом они обеспечивают возможность выбора медленных скоростей для более полного использования светового импульса, *a* — скорость фотозатвора в $1/30$ с достаточна, чтобы полезно использовать большую часть световой энергии вспышки; *б* — если используется очень большая скорость, в данном случае $1/500$ с, фотозатвор откроется и закроется раньше, чем вспышка начнет излучать свет; *в* — электронная импульсная лампа не может успешно использоваться с фотозатвором в установленном положении М-синхронизации ни при какой заданной скорости, так как излучение прекращается раньше, чем откроется затвор.

Рис. 29.

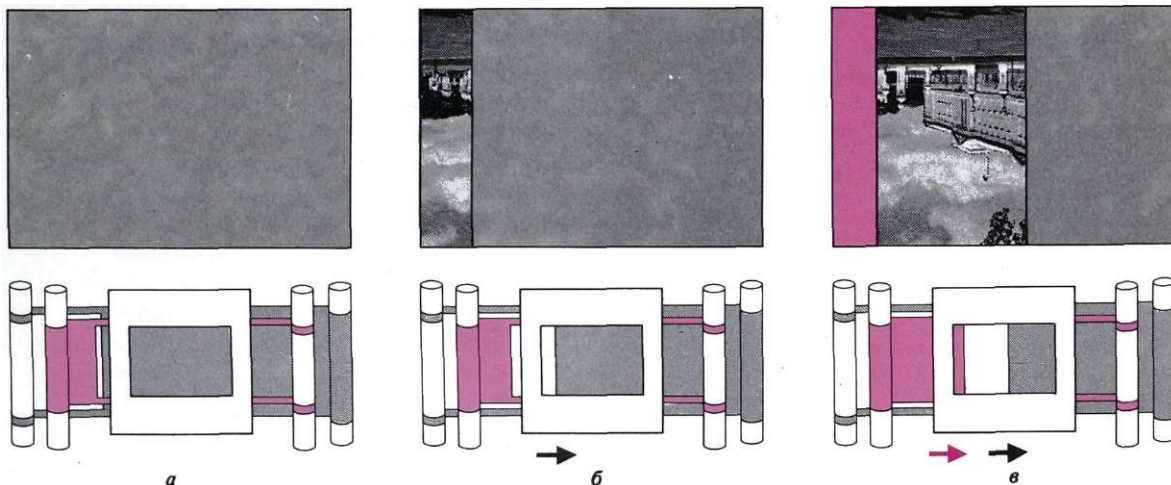
Принцип действия шторного затвора. Первая, или ведущая, шторка (показанная серым цветом), перемещаясь вдоль кадрового окна, последовательно открывает пленку для экспонирования (*a, б*). Через

ширины щели между шторками: узкая щель соответствует большим скоростям затвора; по мере увеличения ширины щели скорость затвора уменьшается. При выдержке около $1/60$ с и больше первая шторка успевает полностью открыть кадровое окно, прежде чем начнет перемещаться вторая шторка. В этот момент экспонируется весь кадр. Система, обеспечивающая задержку движения второй шторки, может быть либо чисто механической, либо электронной.

В отличие от центрального затвора световые заслонки шторного затвора при срабатывании не изменяют направления своего движения, и поэтому такой затвор может обеспечивать выдержки вплоть до $1/2000$ с.

Как уже отмечалось, в случае шторных затворов экспонирование светочувствительного слоя фотоматериала происходит постепенно от одного края кадра к другому по мере перемещения щели относительно кадрового окна. Таким образом, один край кадра экспонируется раньше другого. Это может привести к искажениям изображения быстро перемещающихся объектов съемки, причем вид искажений будет зависеть от соотношения направлений движения объекта и перемещения шторок затвора (последние могут перемещаться как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости).

После срабатывания затвора его необходимо вновь привести в рабочее состояние, для чего используется механизм



перевода пленки, при этом шторы возвращаются в свое первоначальное положение. При взводе затвора шторы заходят одна за другую и таким образом предохраняют фотопленку от засветки. Аналогично межлинзовым затворам шторные затворы, как правило, имеют механизм предварительной задержки срабатывания (*автоспуск*).

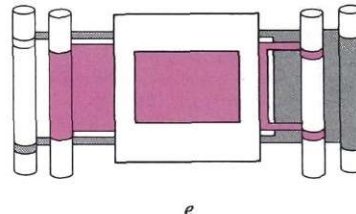
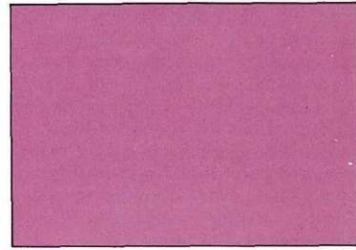
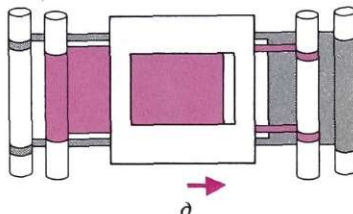
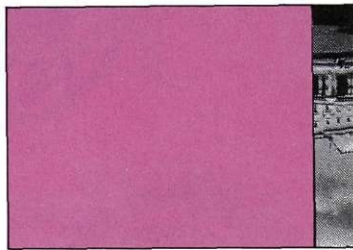
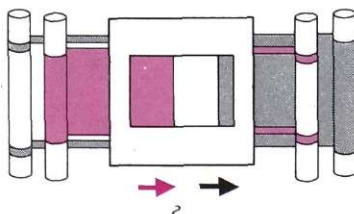
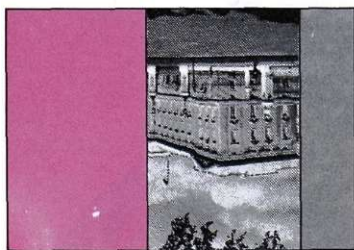
Большинство современных камер со шторными затворами допускает только X-синхронизацию. Синхроконттакты замыкаются, когда первая шторка полностью открывает кадровое окно. Скорость затвора при этом должна быть такой, чтобы исключить перемещение второй шторки при замкнутых контактах и тем самым обеспечить экспонирование всего кадра в момент вспышки. Это означает, что скорость затвора должна обеспечивать выдержку не менее $1/60$ с при горизонтальном перемещении шторок и $1/125$ с при вертикальном перемещении. Минимальное значение синхронизированной выдержки обычно указывается на головке выдержек. При больших скоростях фотосъемки со вспышкой экспонированной окажется только часть кадра.

Некоторые более старые модели фотоаппаратов со шторным затвором имеют дополнительный FP-синхроконттакт, предназначенный для одноразовых ламп-вспышек, имеющих очень растянутый и плоский световой импульс. Если время прохождения щели мимо кадрового окна не превышает длительность светового импульса, то экспозиция кадра получается одинаковой. В случае FP-синхронизации контакты замыкаются примерно за 16 мс до начала перемещения первой шторки; максимальной световой отдаче вспышка достигает в процессе экспонирования. В настоящее время лампы-вспышки FP-типа практически не выпускаются и представляют исключительно познавательный интерес.

заранее установленное время после начала движения первой шторки начинает перемещаться вторая шторка (показанная красным цветом), закрывая пленку и тем самым прерывая экспонирование (в, г, д, е). При совместном движении обеих шторок образуется щель, которая перемещается вдоль кадрового окна (в, г).

Механизм спуска затвора

При изготовлении современных фотоаппаратов фирмы-производители большое внимание уделяют эстетическому



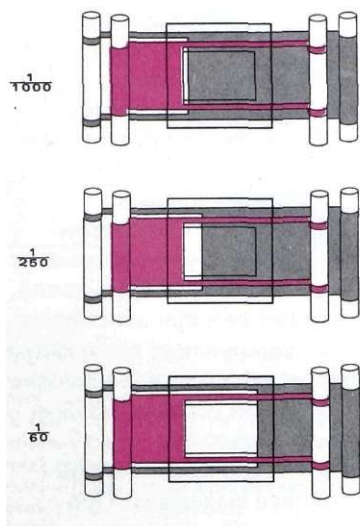


Рис. 30.

Шторки у шторного затвора пересекают кадровое окно с одной и той же скоростью независимо от установленной скорости фотозатвора. Установка скорости на головке определяет задержку между движениями двух шторок и, следовательно, ширину щели, которую образуют шторки. При самых больших скоростях щель наиболее узка и становится шире при установке более медленных скоростей. При скоростях около $1/60$ с и меньше первая шторка полностью открывает площадь пленки и лишь потом начинает двигаться вторая шторка. Это очень важно при работе с лампами-вспышками.

Рис. 32.

Чисто механический центральный фотозатвор и фотозатвор с электронной регулировкой скорости срабатывания, *а* — вид спереди фотозатвора Synchro-Compur, скорость срабатывания которого устанавливается чисто механически с помощью зубчатой передачи; *б*,

в — соответственно вид спереди и вид сзади электронного затвора Promor-Press, скорость срабатывания которого регулируется с помощью конденсатора. Электрические контакты выбора скорости подсоединены к одному из сопротивлений схемы контроля времени. Скользящий контакт соединен с кольцом установки выдержек и обеспечивает соединение контактов со схемой заряда через сопротивление, соответствующее выбранной скорости затвора. Оба типа фотозатворов изготавливаются фирмой Alfred Gauthier GMBH, Wildbad, Black Forest, ФРГ.

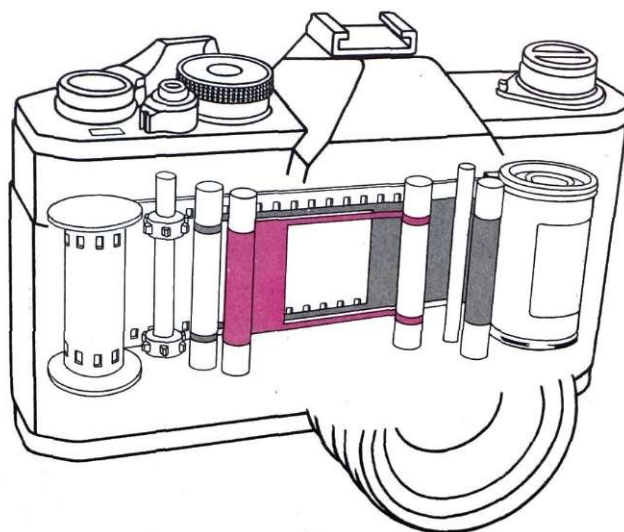


Рис. 31.

Шторный затвор размещается в непосредственной близости к пленке.



оформлению своей продукции и обеспечению удобства работы с ней. В полной мере это относится и к спусковому механизму затвора, который размещается таким образом, чтобы фотографу было удобно им пользоваться. Для устранения нерезкости изображения, связанной с сотрясением камеры при срабатывании затвора в момент съемки, связь спускового приспособления с затвором делается по возможности мягкой. В некоторых камерах эта связь является даже не механической, поскольку спусковая кнопка служит лишь для замыкания контакта электромеханического спускового устройства, размещенного внутри затвора.

Почти все камеры имеют специальное резьбовое гнездо для ввинчивания *спускового тросика* — важного приспособления, использование которого позволяет избежать сотрясения камеры, установленной на штативе, при больших выдержках. Часто эти гнезда размещаются непосредственно в центре спусковой кнопки, и шток тросика приводит в движение тот же механизм, что и кнопка в отсутствие тросика.

Типы фотографических аппаратов



Рис. 33.
Современная камера с оптическим видоискателем для 35-мм фотопленки; имеет совмещенный с видоискателем дальномер и встроенную, частично автоматическую систему определения экспозиции.



Рис. 34.
Карманная камера простой конструкции, предназначенная для пленки типа 110. Когда аппарат не используется, ручка выполняет функции защитного чехла.



Рис. 35.
Более сложная карманная камера той же фирмы, что и изображенная на рис. 34, предназначенная для пленки типа 110. Однако эта камера имеет более широкий диапазон регулировок и встроенную электронную импульсную лампу.

Фотоаппараты с оптическим видоискателем

К данному типу фотоаппаратов принадлежат камеры, у которых видоискатель представляет собой простую оптическую систему, через окошко которой фотограф видит объект (сюжет) съемки. Такая оптическая система обычно состоит из двух линз, формирующих слегка уменьшенное изображение объекта, что позволяет наблюдать все поле зрения. Четкие границы кадра устанавливаются с помощью подходящей маски, ограничивающей поле зрения видоискателя, либо рамки, которая наносится на полупрозрачную пластину или полупрозрачное зеркало. Подавляющее большинство камер данного типа имеет центральный затвор и постоянную оптику. Наиболее простые камеры снабжены нерегулируемой диафрагмой и затвором, способным обеспечить только одну или две выдержки, а более сложные — ирисовой диафрагмой и затвором, обеспечивающим ряд выдержек. Многие камеры имеют встроенный экспонометр, который, как правило, связан с механизмом управления затвором и диафрагмой, причем часто требуемая экспозиция устанавливается полностью автоматически. Такие камеры позволяют получать вполне приемлемые результаты и являются идеальными для людей, занимающихся фотографией от случая к случаю, которых не интересуют технические аспекты фотографии. Во многих фотоаппаратах предусмотрена также возможность установки экспозиции вручную, поскольку при съемке, когда источник света направлен прямо в объектив, или при съемке объектов более темных (более светлых), чем средний объект¹, автоматическая измерительная система может давать ошибочные результаты.

Существенным недостатком камер с оптическим видоискателем является несовпадение линии визирования с оптической осью съемочного объектива. Это приводит к несовпадению границ изображения, наблюдаемых в видоискателе, с границами кадра на пленке. Подобное явление называется *параллаксом* и возникает вследствие пространственного разнесения объектива видоискателя и съемочного объектива. Параллакс наблюдается при съемке близко расположенных объектов и увеличивается по мере уменьшения расстояния до объекта съемки; при съемке бесконечно удаленных объектов параллакс отсутствует. В более дорогих фотоаппаратах для компенсации параллакса

¹ Средний объект отражает в среднем около 20% падающего на него света. — *Прим. ред.*

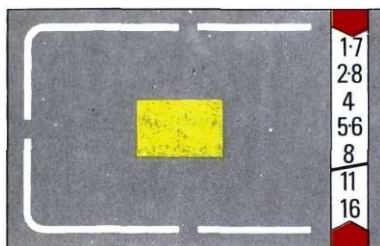
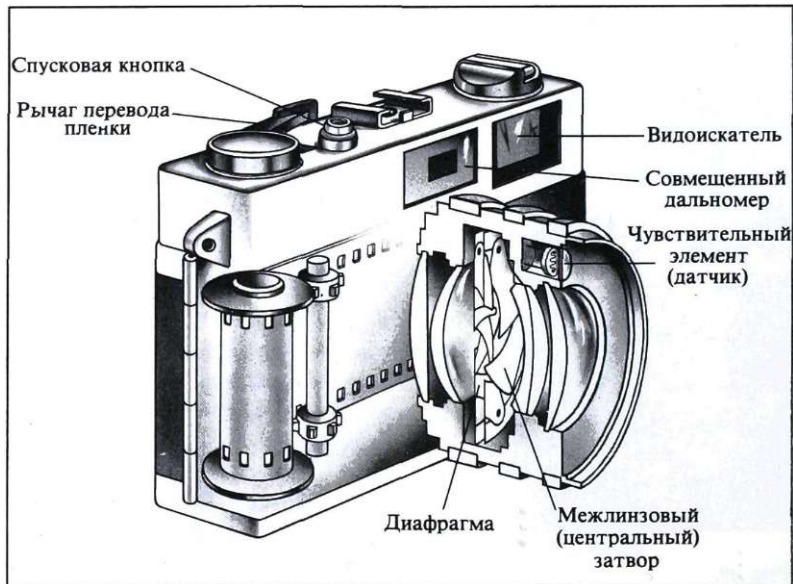


Рис. 37.

Видоискатель камеры с оптическим видоискателем. Рамка из светящихся линий, оптически накладываемая на сюжет, связана с механизмом фокусировки объектива для компенсации параллакса и сдвигается при наводке на резкость, точно ограничивая границы сюжета, который будет воспроизведен на пленке при любых расстояниях до объекта, имеющих на шкале дистанций объектива. Прямоугольник в центре поля зрения является изображением, которое дает совмещенный дальномер. Это изображение оптически накладывается на основное изображение видоискателя и окрашено в желтый цвет для повышения визуального контраста. У камеры данного типа имеется полуавтоматическое устройство: фотограф выбирает скорость затвора, соответствующую виду сюжета, а камера автоматически устанавливает необходимую диафрагму, значение которой указывается стрелкой на шкале в правой части поля. Пока стрелка находится между красными метками, будет отработана правильная экспозиция для данного сюжета. Если стрелка выходит в зону красных меток, необходимо установить другое, более подходящее значение выдержки.

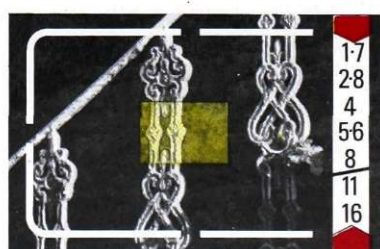
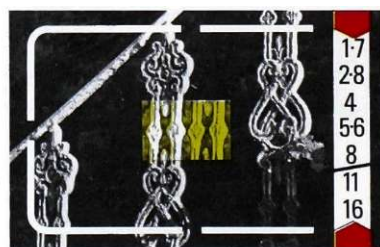
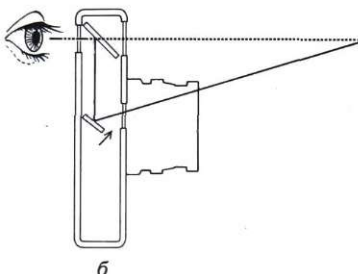
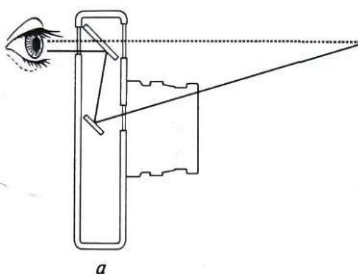
Рис. 38.

В дальномере, совмещенном с видоискателем, небольшое подвижное зеркало механически связано с фокусировкой объектива и слегка вращается при наводке на резкость. Если фокусировка не точная и не соответствует расстоянию до объекта, угол поворота зеркала таков, что наблюдатель видит двойное изображение предмета в центральной части поля видоискателя (а); при точной наводке на объект два изображения сливаются в одно (б).



объектив видоискателя делается регулируемым и соединяется с механизмом наводки на резкость съемочного объектива. Это позволяет добиться пересечения оптических осей съемочного объектива и видоискателя в одной плоскости, на которую наведен объектив и в которой расположен объект съемки.

Многие камеры с оптическим видоискателем имеют встроенный дальномер, конструктивно объединенный с системой видоискателя и связанный с механизмом фокусирования. Последнее обстоятельство исключает необходимость не только непосредственного измерения расстояния от камеры до объекта, но и оценивания этого расстояния на глаз. При фокусировании объектива в центре



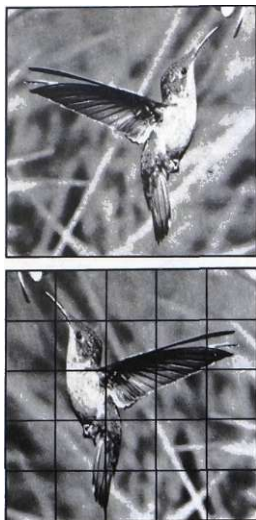


Рис. 39.
Изображение на матовом стекле двухобъективной зеркальной камеры имеет те же самые размеры, что и изображение, которое получится на пленке, но зеркально перевернуто.

изображения объекта съемки в видоискателе появляется второе изображение, которое накладывается на первое с помощью расщепителя светового пучка. На расщепитель, расположенный на оптической оси видоискателя, второе изображение отражается подвижным зеркальцем, которое «смотрит» на объект через дополнительное окошко, несколько разнесенное с основным окном видоискателя (Рис. 38); зеркальце механически связано с системой фокусировки объектива и при наводке на резкость слегка поворачивается. В процессе фокусировки оба изображения сближаются до тех пор, пока не сольются в одно, что будет соответствовать точной наводке объектива на объект съемки. Для того чтобы сделать второе изображение более заметным, на дальномере устанавливается желтый фильтр, в результате чего второе изображение приобретает желтый оттенок.

Двухобъективные зеркальные фотоаппараты

Фотоаппараты данного типа имеют два объектива, расположенные один над другим на передней стенке камеры. Внутри камера разделена на два отсека, так что каждый объектив направляет свет только в один из них. Нижний отсек (или съемочный отсек) содержит светочувствительную пленку и, за исключением момента съемки, является полностью светонепроницаемым. Нижний объектив (или съемочный объектив) снабжен ирисовой диафрагмой и центральным затвором. Верхний объектив (или объектив видоискателя) формирует изображение объекта на матовом стекле устройства для наводки на резкость, расположенном горизонтально в верхней части верхнего отсека (или отсека видоискателя). Световой поток от объектива видоискателя отклоняется под прямым углом вверх зеркалом наружного покрытия, установленным под углом 45° между объективом и матовым стеклом в верхнем отсеке. В результате изображение на матовом стекле оказывается зеркально перевернутым. Поскольку объектив видоискателя не участвует в экспонировании пленки, его оптическое качество может быть не столь высоким, как качество съемочного объектива, однако его фокусное расстояние должно быть точно таким же, как у съемочного объектива.

Фокусирующий механизм таких фотоаппаратов обычно приводится в действие с помощью специальной головки, расположенной на корпусе камеры. Резкость изображения проверяется визуально по резкости изображения на матовом стекле. От воздействия постороннего света матовое стекло защищено боковыми заслонками (шахтой видоискателя), которые складываются, когда камера находится в нерабочем положении. Защелкивающаяся лупа, встроенная в крышку шахты видоискателя, увеличивает центральную часть объекта съемки, что облегчает и повышает точность наводки на резкость.

Так как оптические оси съемочного объектива и видоискателя у двухобъективных зеркальных камер не

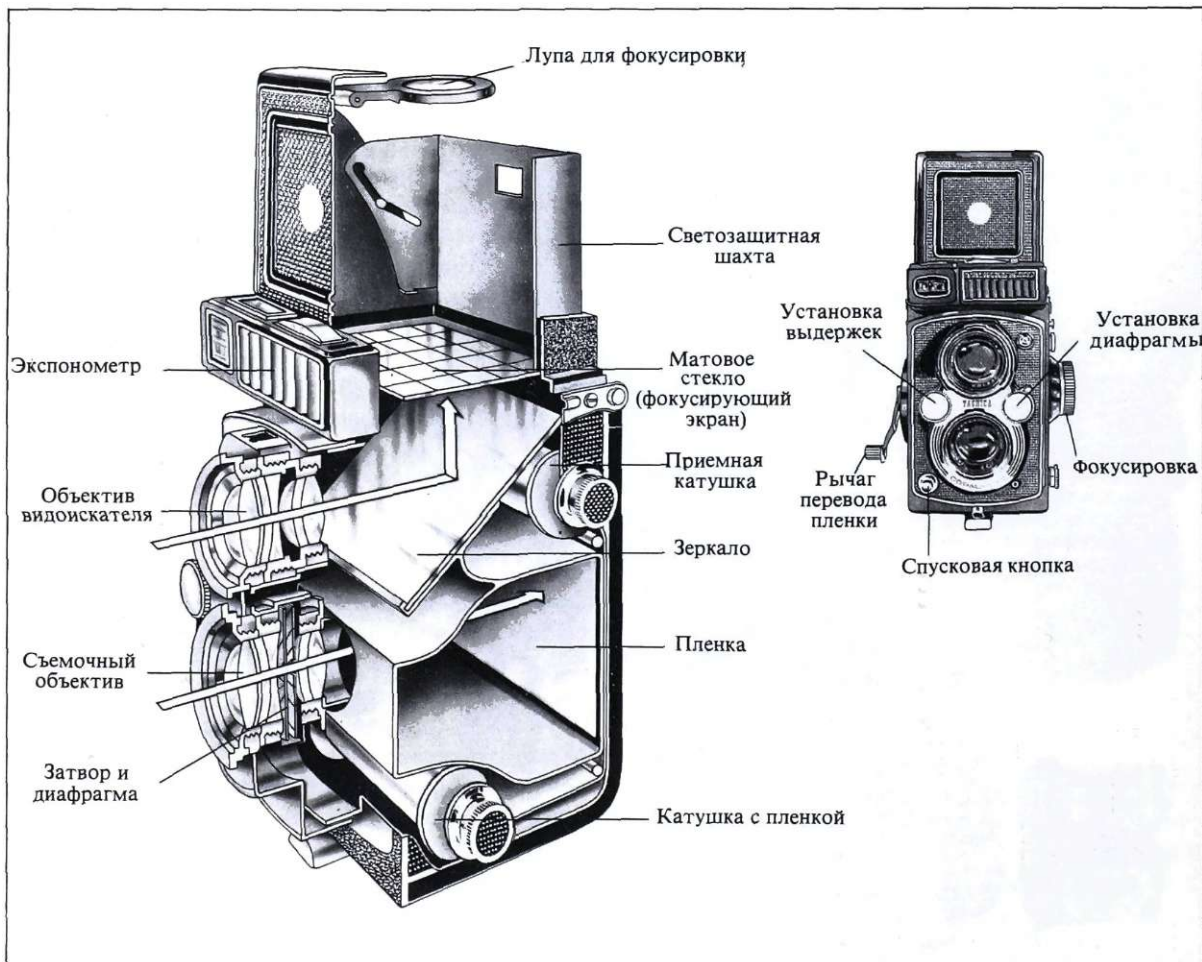


Рис. 40.
Типичная современная двухобъек-
тивная зеркальная камера.

совпадают, такие камеры являются параллаксными. В большинстве моделей параллакс компенсируется с помощью специальной подвижной рамки (маски), соединенной с механизмом фокусировки таким образом, что на матовом стекле наблюдаются четкие границы кадра.

Недостатком конструкции двухобъективных зеркальных камер является необходимость при съемке рассматривать изображение на матовом стекле сверху вниз, а не на уровне глаз, как это делается при использовании камер с оптическим видоискателем. Этот недостаток особенно ощутим при репортажной фотосъемке, когда необходимо «удержать» в видоискателе движущийся объект: поскольку изображение в видоискателе зеркально перевернуто, фотограф начинает перемещать камеру в направлении, обратном тому, которое действительно требуется. В некоторых камерах для такого вида съемок существует дополнительный «спортивный видоискатель» — рамка, образованная небольшим отверстием на задней стенке светозащитной шахты и окном на передней стенке этой шахты. Некоторые фирмы в качестве дополнитель-

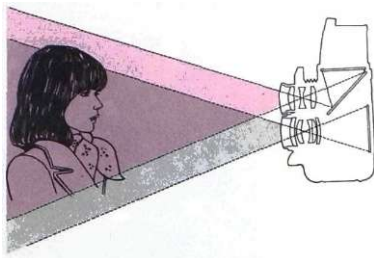


Рис. 41.

Объектив видоискателя двухобъективной зеркальной камеры «видит» объект с несколько иной точки съемки, чем съемочный объектив. Во многих моделях эта параллактическая ошибка автоматически компенсируется для всех имеющихся на камере дистанций наводки с помощью подвижной маски в видоискателе, связанной с механизмом фокусировки объектива.

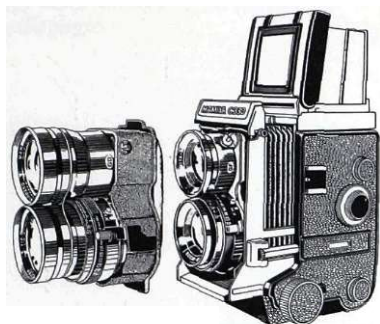


Рис. 42.

Некоторые модели двухобъективных зеркальных камер снабжены сменной оптикой. Съемочный объектив и объектив видоискателя смонтированы на общей панели и меняются одновременно, чтобы сохранить совпадение изображения на пленке с изображением в видоискателе. Каждый съемочный объектив имеет свой центральный затвор.

ного приспособления выпускают пентапризму, которая устанавливается над матовым стеклом вместо светозащитной шахты. Пентапризма образует правильно ориентированное изображение объекта, которое можно рассматривать на уровне глаз.

Некоторые двухобъективные зеркальные камеры рассчитаны на использование сменной оптики, причем сменной делается вся передняя стенка камеры: съемочный объектив меняется вместе с объективом видоискателя, чтобы границы изображения в видоискателе соответствовали границам кадра на пленке.

В большинстве двухобъективных зеркальных камер используется пленка типа 120 и 220 с размером кадра 6X6 см, причем каждый ролик пленки рассчитан на 12 кадров (снимков). Квадратный размер кадра позволяет строить горизонтальную или вертикальную композицию снимка не переворачивая камеру; окончательное кадрирование осуществляется в процессе фотопечати.

Однообъективные зеркальные фотоаппараты

Фотоаппараты данного типа позволяют видеть и выбирать объект (сюжет) съемки через съемочный объектив. В этом случае параллакс отсутствует и границы кадра в видоискателе почти точно совпадают с границами кадра на фотопленке. Полное отсутствие параллакса делает камеры данного типа идеальными для макросъемки, когда используются насадочные линзы и удлинительные кольца.

Видоискатель однообъективной зеркальной камеры имеет матовое стекло (экран), на котором съемочный объектив формирует изображение объекта съемки. Поэтому фокусировку можно проверять и регулировать визуально. Кроме того, установив рабочую величину диафрагмы, можно проверить на глаз реальную глубину резкости. Поскольку у однообъективных зеркальных камер съемочный объектив одновременно является объективом видоискателя, в таких камерах предусмотрена система «переключения» изображения с экрана видоискателя на поверхность пленки сразу перед началом экспонирования и обратно после окончания съемки.

подавляющее большинство камер данного типа снабжено шторным затвором, который размещается вблизи фокальной плоскости объектива на расстоянии около 1 мм от плоскости пленки. Для выбора кадра и наводки на резкость свет отражается зеркалом наружного покрытия, установленным под углом 45° к плоскости пленки, и направляется на матовое стекло (экран) видоискателя. Экран расположен таким образом, что длина пути света от объектива до экрана равна длине пути от объектива до плоскости пленки. Поэтому, когда изображение становится резким на матовом стекле видоискателя, это означает, что оно будет резким и на фотопленке.

Зеркало, изменяющее ход лучей от объектива, делается подвижным, и при нажатии спусковой кнопки оно выводится

Рис. 43.

Canon A-1 — образец последних разработок однообъективных зеркальных камер, включающих очень сложные электронно-вычислительные схемы для управления механизмами аппарата, которые раньше контролировались чисто механически. Модель A-1 имеет не менее шести различных режимов автоматического управления экспозицией, в которых камера либо сама выбирает и выдержку, и диафрагму, либо автоматически устанавливает один из этих параметров, если задан другой. Она может работать и в полностью ручном режиме; фотограф сам устанавливает скорость затвора и диафрагму. Цифровой дисплей, видимый в видоискателе и подобный экранам ручных счетных электронных машинок, сообщает наблюдателю всю информацию о режимах работы аппарата. Дополнительным приспособлением является моторный привод, работающий от сухих батареек. Он автоматически переводит пленку и взводит затвор после каждого снятого кадра и позволяет снимать в быстрой последовательности с максимальной скоростью до 5 кадр/с.



из хода лучей (поднимается вверх), открывая доступ световым лучам к пленке при открытом затворе. После экспонирования и закрытия затвора зеркало возвращается в первоначальное положение.

В камерах данного типа так же, как и в двухобъективных зеркальных камерах, изображение в видоискателе оказывается перевернутым. Для того чтобы получить прямое, а не зеркально перевернутое изображение, почти все однообъективные зеркальные камеры, рассчитанные на 35-мм пленку, а также многие модели больших форматов снабжены пентапризмой, которая устанавливается над матовым стеклом видоискателя.

Пентапризма представляет собой отражательную призму, имеющую в сечении, перпендикулярном ее рабочим граням, вид пятиугольника. Входящий в пентапризму и выходящий из нее лучи образуют между собой угол 90° . Поскольку пентапризма имеет четное число отражающих граней (две), она дает прямое изображение объекта съемки.

Многие однообъективные зеркальные камеры имеют систему замера экспозиции через объектив (TTL). Обычно показания такого экспонометра находятся в поле зрения видоискателя, а механизм экспонометра тем или иным образом связан с установкой значений выдержки и диафрагмы. В наиболее простой форме эта связь такова, что правильная экспозиция соответствует расположению стрелки измеритель-

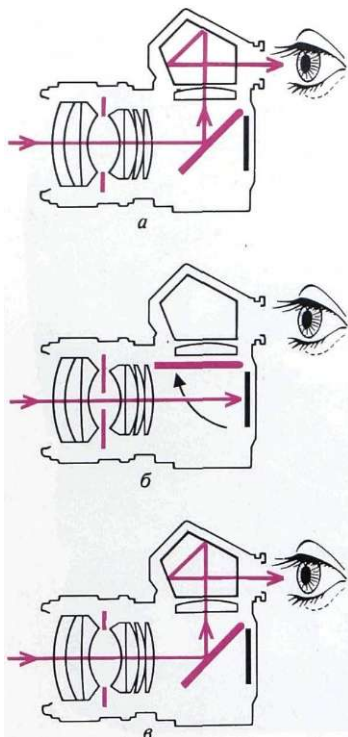


Рис. 44.

Последовательность операций в однообъективной зеркальной камере с автоматической («моргающей») диафрагмой, *а* — при выборе объекта зеркало находится в своем «нижнем» положении и отражает проходящий через объектив свет вверх, образуя изображение на матовом стекле видоискателя. Через пентапризму глаз видит это изображение объекта с правильным расположением сторон, верха и низа. Ирисовая диафрагма полностью открыта, обеспечивая наиболее яркое из возможных изображение на матовом стекле, что облегчает визирование и наводку на резкость; *б* — немедленно после нажатия спусковой кнопки ирисовая диафрагма уменьшается до заранее установленного значения и зеркало уходит с пути светового пучка от объектива, затемняя видоискатель, но позволяя свету достичь задней стенки камеры для образования изображения на пленке в момент открытия шторного затвора. Затвор открывается сразу же, как только зеркало достигло верхнего положения; *в* — после закрытия затвора, определяющего окончание экспонирования, ирисовая диафрагма вновь полностью открывается, а зеркало возвращается в исходное положение, открывая видоискатель для выбора следующего кадра.

ной системы экспонометра против определенной отметки в поле зрения видоискателя; перемещение стрелки осуществляется поворотом кольца диафрагмы или головки выдержек.

Для большинства однообъективных зеркальных камер выпускаются сменные объективы, которые крепятся на передней стенке камеры. Крепление объектива осуществляется с помощью резьбы, байонета или накидного кольца. Первый способ крепления является наиболее простым: корпус объектива вращается до полного ввинчивания при установке объектива и полного вывинчивания при его снятии. Однако резьба довольно быстро изнашивается, и при частой смене объектива это может привести к изменению расстояния от объектива до пленки, которое является очень критичным. То же самое относится и ко второму способу крепления: крепежный узел быстро изнашивается вследствие вращения задней поверхности оправы объектива по поверхности фланца объективного кольца на аппарате. Что же касается крепления с помощью накидного кольца, то в этом случае вращается запирающее кольцо на объективе, а оправа объектива и объективное кольцо аппарата не вращаются и, следовательно, не трутся друг о друга, т. е. они практически не подвержены износу. Износ же запирающего кольца не влияет на взаимное положение камеры и объекта: расстояние между объективом и плоскостью пленки остается неизменным.

Чтобы наводка на резкость не вызывала особых затруднений, изображение на матовом стекле видоискателя должно быть максимально ярким. Для этого у большинства камер данного типа при вращении установочного кольца диафрагма не изменяется и остается максимально открытой до момента нажатия спусковой кнопки. В большинстве камер объективы имеют полностью автоматическую («моргающую») диафрагму, которая автоматически открывается после окончания экспонирования и закрытия затвора.

Современные однообъективные зеркальные камеры обычно рассчитаны на применение 35-мм пленки и имеют формат кадра 24X 36 мм. Кроме того, изготавливаются камеры форматом 4,5 X 6, 6 x 6 и 6 x 9 см, рассчитанные на пленку типа 120.

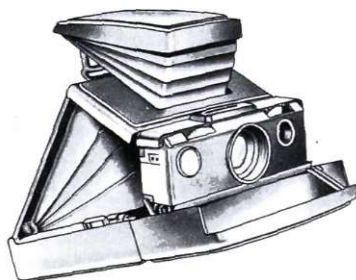
Павильонные камеры

Камеры подобного типа, как правило, используются фотографами-профессионалами. Достаточно большой формат, а также высокое качество получаемых при этом негативов и диапозитивов позволяют в большинстве случаев ограничиться небольшим увеличением при изготовлении окончательного отпечатка.

Все павильонные камеры имеют одинаковую конструкцию и различаются только форматом кадра и типом объектива. Корпус камеры состоит из передней стенки (или объективной доски) и задней откидной стенки с направляющими, по которым перемещается кассетная часть, приспособленная для установки рамки с матовым стеклом или кассеты со



a



б



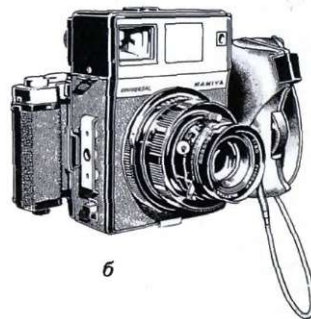
Рис. 45.

a — Hasselblad — однообъективная зеркальная камера большого формата, рассчитанная на снимок размером 6X6 см на пленке типа 120 или 220. Помимо сменной оптики камера имеет сменные задние части (магазины), в которых помещена пленка. Это позволяет быстро менять вид съемочного материала, даже если отснято всего подролика; выпускается большое число дополнительных приспособлений; *б* — Polaroid SX-70 — однообъективная зеркальная камера оригинальной конфигурации для немедленного получения изображения. Комплект пленок содержит сухие батарейки для приведения в действие электронной схемы аппарата. Сразу после съемки отснятая пленка выскакивает из аппарата. Все необходимые для обработки химикаты вводятся в светочувствительную эмульсию при производстве, и изображение проявляется вне камеры, достигая полной плотности, сочности и насыщенности красок за несколько минут.

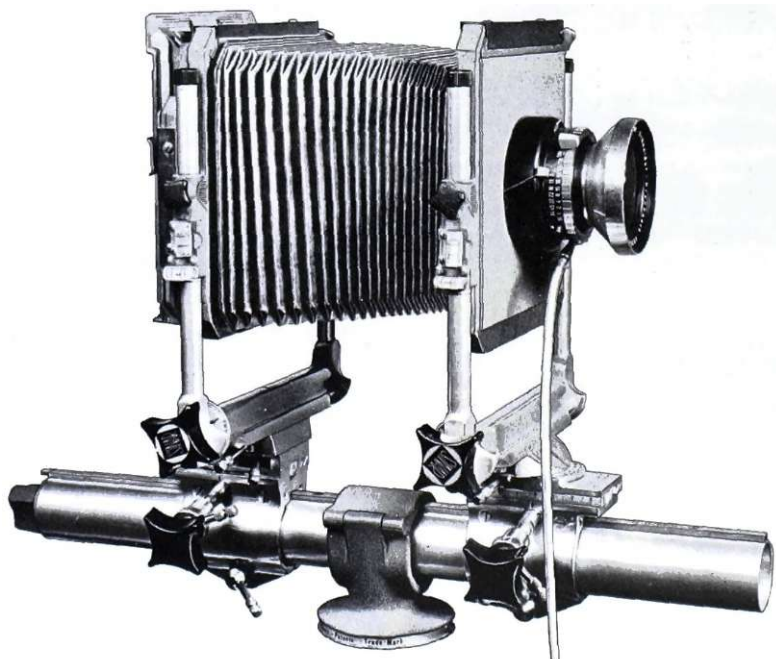
Рис. 46.
«Техническая» (*a*) и «репортерская» (*б*) камеры относятся к фотографическим аппаратам павильонного типа, но ограничены в возможностях подвижки их частей по сравнению с «монорельсовой» камерой (*б*).



a



б



a

Рис. 47.

Схематическое изображение возможных способов установки павильонной камеры — подъем и опускание. Часто фотографу требуется сфотографировать объект под небольшим углом, чтобы подчеркнуть его объемность. Если для камеры выбрана нужная точка съемки, но сама съемка делается без необходимых компенсирующих подвижек, объект теряет свою квадратную форму вследствие перспективы. Точное воспроизведение формы объекта возможно только в том случае, когда плоскость пленки строго параллельна передней плоскости объекта. Поэтому, поднимая заднюю доску камеры (с пленкой) и опуская переднюю (с объективом), можно сохранить неискаженную форму предмета и одновременно передать его как трехмерный объект. Однако при очень сильном сдвиге объектив не сможет покрыть всю площадь пленки, что приведет к заметной потере использованного поля изображения.

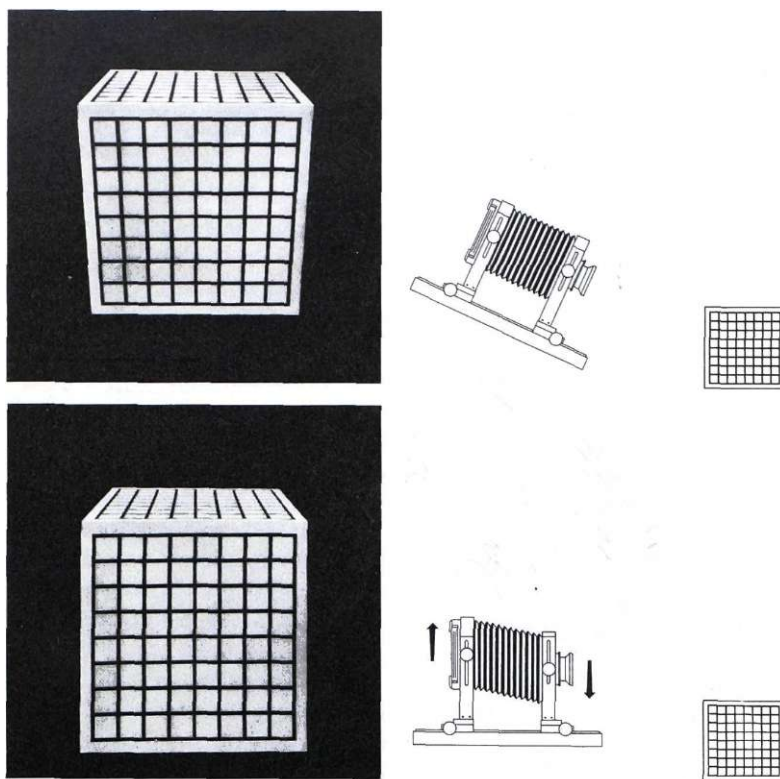


Рис. 48.

Схематическое изображение одного из возможных способов установки павильонной камеры — поперечный сдвиг. Точное воспроизведение формы объекта, но с показом его боковой стороны может быть достигнуто путем поперечного смещения камеры. Поперечный сдвиг может быть заменен подъемом и опусканием, если камеру закрепить на боку. Следует иметь в виду, что при поперечном сдвиге также возможны потери части поля изображения.

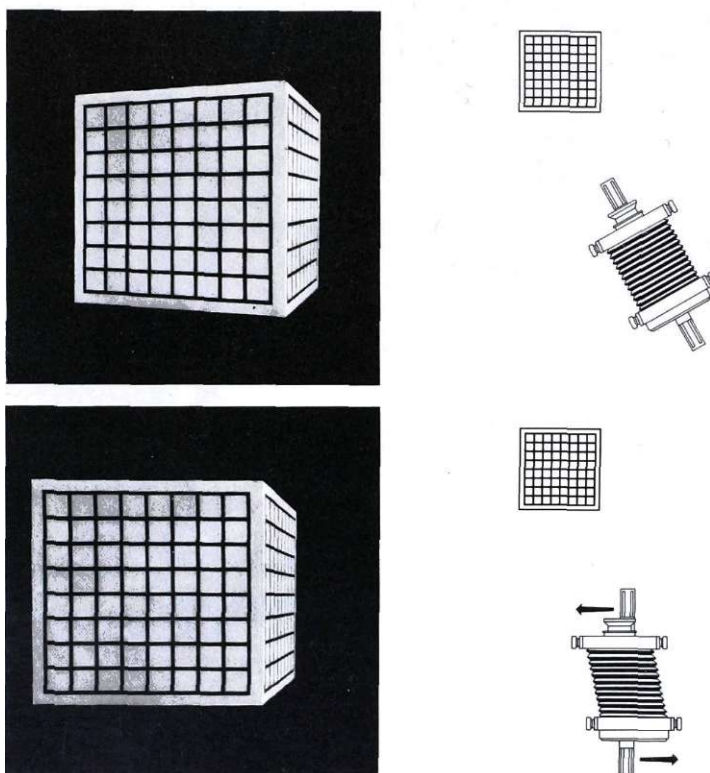


Рис. 49.

При некоторых видах съемок возникает необходимость в одновременном подъеме (или опускании) и поперечном смещении камеры, *а* — фотосъемка без подвижек привела к искажению формы объекта; *б* — изображение получено при одновременном подъеме и поперечном смещении камеры.

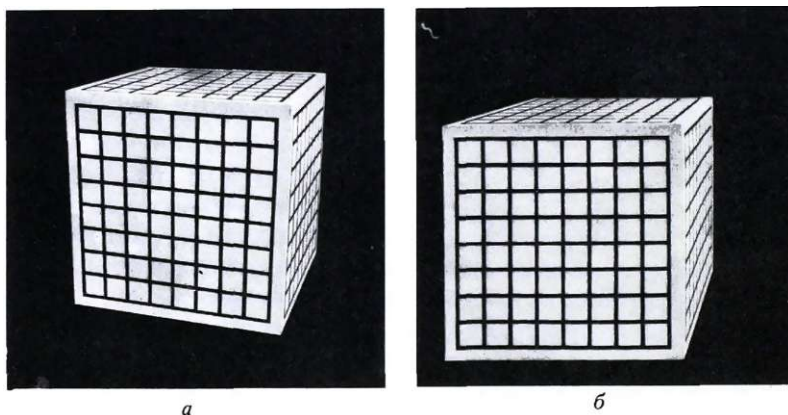


Фото 8.

Наклон камеры. Если объект ограничен преимущественно одной плоскостью, то резкое изображение всех его частей можно получить, наклоняя объективную и кассетную доски таким образом, чтобы нарушилась их параллельность друг другу. Если степень наклона такова, что воображаемые линии, проведенные через объективную доску, кассетную доску и плоскость предмета, сходятся в общей точке, все части объекта будут изображены одинаково резко; *справа* — использование наклона камеры для увеличения глубины резкости при фотосъемке объекта, целиком находящегося в одной плоскости — плоского, типографски отпечатанного листа календаря.



светочувствительным фотоматериалом. Объективная доска и кассетная часть соединяются между собой складным мехом. На объективной доске крепятся сменные объективы, каждый из которых снабжен своим центральным затвором. На задней стенке имеется матовое стекло, по которому производится наводка на резкость. Изображение объекта получается перевернутым. Когда все необходимые приготовления для съемки закончены, матовое стекло заменяют светонепроницаемой кассетой, заряженной фотопленкой или фотопластинкой. Кассета имеет крышку, которая на время съемки выдвигается, и таким образом осуществляется экспонирование светочувствительного материала. Кассеты могут быть как односторонними, так и двусторонними, а также магазинного типа. Кроме того, выпускаются специальные кассеты, рассчитанные на роликовую (рулонную) пленку.

Конструкцией павильонных камер предусмотрена возможность перемещения объектива в вертикальной плоскости (вверх и вниз) и изменения положения кассетной части относительно вертикальной плоскости. Это позволяет фотографу устранять искажения геометрии объекта, в частности перспективные искажения, например «сходящиеся вертикали» («падающие здания»), а также добиваться получения специальных эффектов, особенно большой глубины резко изображаемого пространства.

Фотографический материал, предназначенный для различных видов фотосъемки, называется *фото пленкой*. Фото пленка обычно состоит из гибкой полимерной основы (подложки), которая либо покрывается эмульсионным слоем, содержащим светочувствительные соединения, либо содержит такие соединения в своей структуре. Наибольшее распространение получили фото пленки с галогеносеребряным эмульсионным слоем, в котором в качестве светочувствительного компонента используются *галогениды серебра*. В зависимости от вида получаемого изображения галогеносеребряные пленки делятся на *черно-белые* и *цветные*, а те и другие — на *негативные*, *позитивные* и *обращаемые*.

Различают фото пленки *общего назначения* — для любительской и профессиональной фотографии и *специальные*, или *технические*, фото пленки, применяемые в различных областях науки и техники.

Светочувствительность фото пленок

Способность фото пленки определенным образом реагировать на воздействие света называется ее *чувствительностью*. Степень чувствительности фото пленки к свету можно регулировать в процессе производства пленки путем тщательного контроля размеров микрокристаллов (*зерен*) галогенидов серебра в эмульсии или введением определенных очувствляющих соединений (*сенситизаторов*). Светочувствительность пленок общего назначения характеризуется *числом светочувствительности*. Способ выражения числа светочувствительности определяется выбором критерия светочувствительности и формулой, по которой она вычисляется. Так, в США число светочувствительности выражается в условных единицах АСА (American Standards Association), в ГДР и ФРГ — в условных градусах ДИН (Deutsche Industrie-Normen). Принятая последовательность значений светочувствительности называется *шкалой светочувствительности*. В системе АСА каждое следующее значение шкалы соответствует вдвое большей чувствительности пленки; в системе ДИН увеличение на 3 ДИН соответствует увеличению чувствительности вдвое. Например, если чувствительность пленки составляет 50 АСА (или 18 ДИН), то такая пленка в два раза более чувствительна, чем пленка 25 АСА (15 ДИН), и в два раза менее чувствительна, чем пленка 100 АСА (21 ДИН). Диапазон чувствительности пленок общего назначения составляет от 25 АСА (15 ДИН) до 400 АСА (27 ДИН).

Таблица 1. Светочувствительность наиболее распространенных типов фото пленок

АСА	ДИН
25	15
32	16
40	17
50	18
64	19
80	20
100	21
125	22
160	23
200	24
240	25
320	26
400	27
500	28

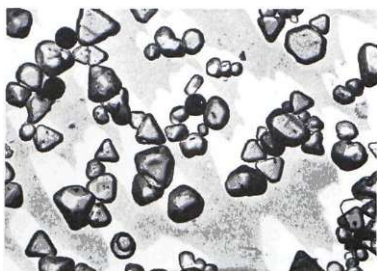


Фото 9.

Фотомикрография кристаллов галогенида серебра в типичной высокочувствительной черно-белой фотоземлюсии (Kodak Tri-X). Непрозрачные черные кружочки — каучуковые шарики известного диаметра, которые специально вводятся в эмульсию перед микросъемкой для масштаба. Увеличение составляет примерно 4000 X.

Типы фотографических пленок

Черно-белые фотопленки — фотографический материал, представляющий собой тонкую (0,12—0,17 мм) прозрачную пластиковую основу, на которую нанесена светочувствительная эмульсия — суспензия микрокристаллов галогенида серебра в желатине.

Первоначально черно-белые пленки были только ортохроматическими, т. е. обладали чувствительностью ко всем лучам видимого спектра, за исключением красных. Поэтому на окончательном отпечатке красные предметы получались темными. Это создавало определенные трудности, например, при портретной фотосъемке, когда различные оттенки красного цвета (например, цвет губ) передавались ненатурально темными. Однако такие пленки можно было проявлять при красном свете и, таким образом, визуально наблюдать за процессом проявления и регулировать плотность почернения негатива. Современные черно-белые пленки общего назначения являются *панхроматическими*, т. е. они чувствительны ко всем цветам видимого спектра. Кроме того, они обладают чувствительностью к некоторой части ультрафиолетового излучения.

Большинство черно-белых пленок являются негативными: после соответствующей обработки такой пленки получают негативное изображение объекта (сюжета) съемки; наиболее светлые участки объекта выглядят темными, а темные — светлыми. Для получения позитивного (естественного) изображения негативное изображение (как правило, увеличенное) переносят на бумагу, которая покрыта светочувствительной эмульсией. Экспонированная фотобумага обрабатывается так же, как и экспонированная пленка.

В зависимости от светочувствительности различают пленки низкочувствительные, средней чувствительности и высокочувствительные.

Пленки средней чувствительности (порядка 125 АСА) являются отличным фотоматериалом общего назначения, пригодным для различных видов фотосъемок. **Высокочувствительные пленки** (200—400 АСА и больше) обычно используются для репортажной фотосъемки, съемки быстро движущихся объектов, а также для съемки в условиях слабого освещения.

Поскольку высокая чувствительность достигается за счет увеличения размеров микрокристаллов галогенидов серебра, высокочувствительные пленки имеют более крупнозернистую структуру, что снижает их разрешающую способность, а следовательно, и качество изображения.

Низкочувствительные пленки (25—50 АСА) применяются для съемки хорошо освещенного и относительно неподвижного объекта (сюжета). Размеры «зерен» в таких пленках малы, и, следовательно, негативное изображение будет мелкозернистым. С такого негатива может быть получен отпечаток превосходного качества.

Обрабатываемые цветные пленки — галогеносеребряный

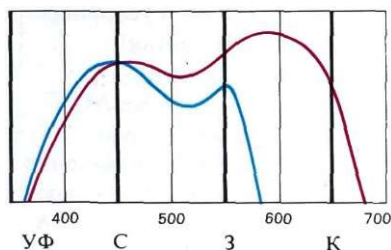


Рис. 50.

Относительная спектральная чувствительность панхроматической (красная кривая) и ортохроматической (синяя кривая) пленок. По оси ординат отложена длина волны.

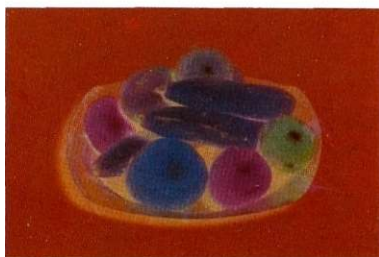


Фото 10.

Цвета оригинального объекта (*вверху*) передаются на цветном негативе (*внизу*) в полностью «обратном» виде как по значениям плотностей, так и по цветам. Тональности сюжета обращены — черное становится белым и т. д., а цвета передаются их дополнительными цветами: синий — желтым, зеленый — пурпурным, красный — голубым и т. д. Общий оранжевый тон связан с наличием в эмульсии негативной пленки специального маскированного слоя, который компенсируется в процессе печати. Такой слой нужен для лучшей передачи отдельных цветовых оттенков в окончательном отпечатке.

фотографический материал, предназначенный для обработки способом обращения изображения, т. е. для получения позитивного изображения непосредственно в процессе обработки экспонированной пленки.

Обращаемые цветные пленки имеют сложный химическо-физический состав — три черно-белых светочувствительных эмульсионных слоя, каждый из которых чувствителен только к одному из трех первичных цветов — красному, зеленому и синему. На первой стадии обработки экспонированной пленки в эмульсионных слоях формируются черно-белые серебряные негативные изображения, каждое из которых соответствует красному, зеленому или синему «содержанию» объекта. За первой стадией следует вторая, в результате которой появляется обращенное, т. е. позитивное, изображение. Вторая стадия обработки состоит в восстановлении микрокристаллов галогенида серебра, которые не были подвергнуты воздействию света при съемке. Для этого пленка подвергается вторичному экспонированию — засветке белым рассеянным светом. Затем она вновь проявляется, но уже в специальном цветном проявителе, при этом в каждом слое образуется не только позитивное серебряное изображение, но и позитивное изображение из прозрачных цветных красителей в дополнительных цветах к тем, к которым был чувствителен данный эмульсионный слой¹. После этого из пленки химическим путем удаляют все серебряные изображения; оставшиеся три цветных изображения, образованные красителями, воспроизводят естественные цвета объекта.

В большинстве случаев соединения, из которых получаются красители, вводятся в эмульсионные слои пленки при ее изготовлении. При обработке экспонированной пленки в цветном проявителе около каждого микрокристалла галогенида серебра (который превращается в частицу металлического серебра) образуется цветной ореол. В результате изображение несколько «расплывается» и его резкость оказывается меньше, чем разрешающая способность первоначального черно-белого изображения. В пленке типа Kodachrome красители вводятся в эмульсию в процессе их фотохимической обработки, а не при изготовлении. В этом случае каждая частица серебра негативного изображения замещается соответствующим количеством красителя, и изображение не «расплывается». Именно поэтому пленки типа Kodachrome отличаются особенно высокой разрешающей способностью.

Цветные обращаемые пленки выпускаются в двух модификациях: сбалансированные для съемок при естественном освещении и при освещении вольфрамовыми лампами накаливания.

Цветные негативные пленки — фотографический

¹ То есть в эмульсионном слое, очувствленном к красным лучам, образуется голубое изображение, в «зеленочувствительном» слое — пурпурное, в «синечувствительном» — желтое.

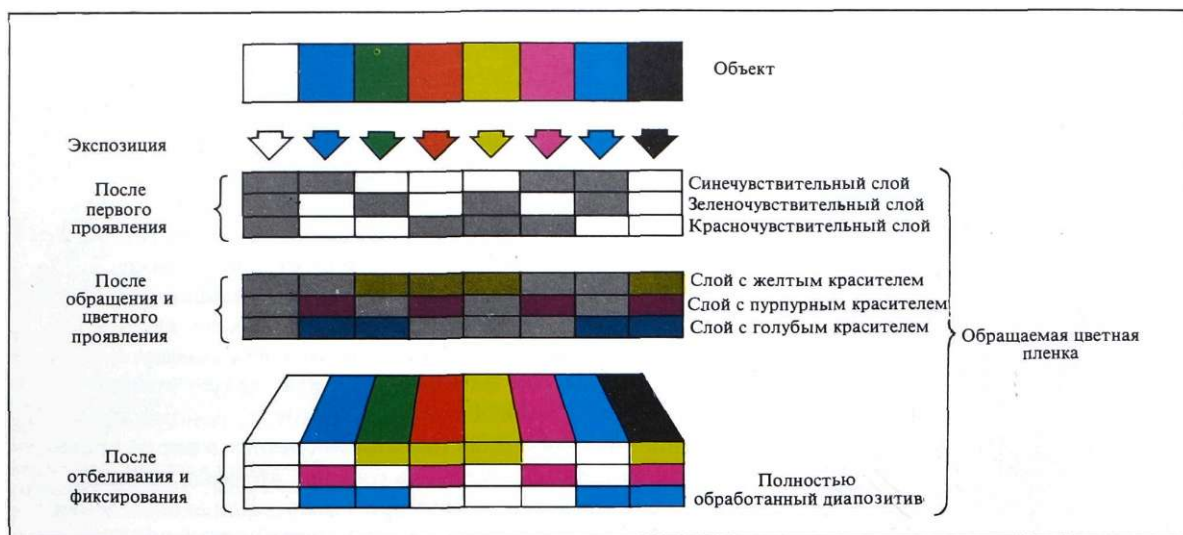


Рис. 51.

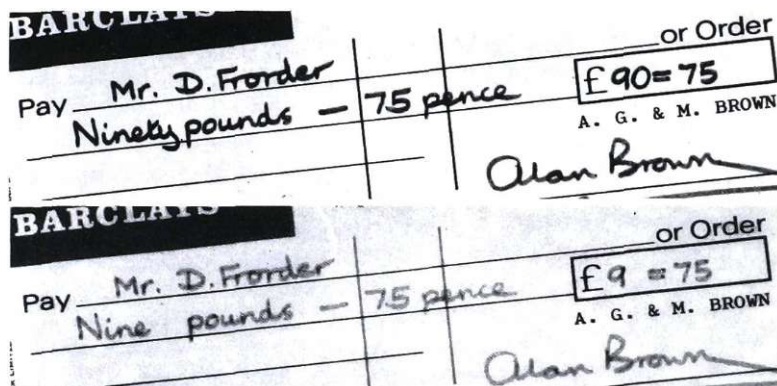
Принципиальные особенности физико-химической структуры современной цветной обращаемой пленки. Полностью обработанный диапозитив изображен в трехмерном виде, чтобы показать не только распределение индивидуальных красителей в каждом из трех эмульсионных слоев, но и способ их наложения друг на друга для восстановления первоначальных цветов объекта методом субтрактивного синтеза цвета, когда диапозитив рассматривается обычным образом.

материал, предназначенный для получения цветного негативного изображения. Пленки данного типа, так же как и обращаемые пленки, имеют три светочувствительных эмульсионных слоя, каждый из которых чувствителен только к одному из трех основных цветов. Однако в этом случае цветное негативное изображение из красителей образуется одновременно с негативным серебряным изображением на первой стадии обработки. После отбеливания серебряного изображения остается только цветное изображение, которое является негативным относительно объекта как по соотношению плотностей, так и по цветам: каждый цвет объекта передается на негативе дополнительным цветом. В позитивном процессе печать ведется на специальную цветную фотобумагу, которая также имеет три светочувствительных эмульсионных слоя.

Инфрахроматические пленки — фотографический материал, сенсibilизированный к инфракрасным лучам. Выпускаются как черно-белые, так и цветные инфракрасные пленки. Черно-белые инфракрасные пленки часто применяются

Фото 11.

Применение чувствительных к инфракрасному излучению пленок в криминалистике. На верхнем снимке, выполненном на обычной панхроматической пленке, денежный чек выглядит так, как его видит человеческий глаз. На нижнем снимке, выполненном на высокочувствительной инфракрасной пленке, чек выглядит иначе: было исправлено окончание в сумме и приписан ноль в числовом показателе. Эти исправления были сделаны чернилами, прозрачными для инфракрасных лучей, в то время как оригинальная надпись на чеке выполнялась непрозрачными для инфракрасного излучения чернилами.



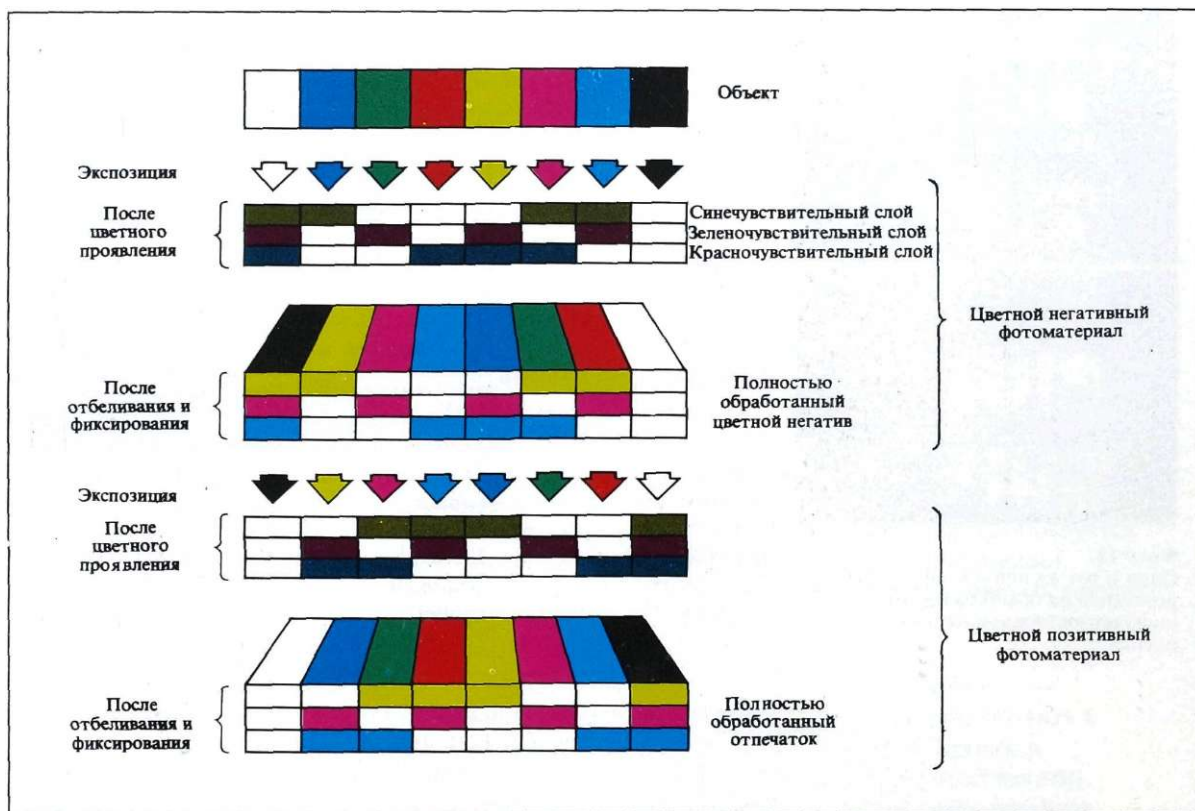


Рис. 52.

Основные особенности строения цветной негативной пленки. Полностью обработанная негативная пленка и полностью обработанный цветной отпечаток изображены в трехмерном виде, чтобы продемонстрировать индивидуальные слои с красителями и визуальный эффект их взаимного наложения при рассматривании негатива и отпечатка обычным образом.

со специальными фильтрами, которые устанавливаются на объективе. Такие фильтры пропускают только инфракрасное излучение и задерживают видимый свет. В результате на изображении выявляются некоторые детали, которые обычно не фиксируются человеческим глазом. В частности, съемка в инфракрасных лучах позволяет обнаружить подделку подписей, так как многие чернила или пигменты, которые в видимом излучении выглядят одинаково, в инфракрасном излучении могут обладать совершенно различными свойствами.

Инфракрасная цветная пленка представляет собой обращаемую пленку, у которой в отличие от обычной цветной пленки синечувствительный эмульсионный слой заменен на слой, очувствленный к инфракрасному излучению, и, кроме того, изменена последовательность красителей, образующихся внутри слоев; на окончательном снимке «инфракрасный цвет» передается красным, видимый красный — зеленым, а видимый зеленый — синим¹. На объективе камеры устанавливается желтый фильтр, поглощающий синие лучи.

¹ Последовательность и взаимосвязь цветов может быть достаточно произвольной в зависимости от целей съемки. Подобные цветные пленки называются спектроразночными и применяются в научной фотографии, аэрофотосъемке и т. п. для создания цветовых контрастов между видимыми и невидимыми участками спектра. — *Прим. ред.*



Фото 12.
Один и тот же пейзаж, сфотографированный на обычной (вверху) и инфракрасной цветной (внизу) пленке.

Пленки данного типа применяются главным образом в медицине, судебной практике, а также в различных областях науки и техники, например для выявления заболеваний растений. Дело в том, что хлорофилл хорошо отражает инфракрасное излучение, и здоровая листва выглядит на инфракрасной цветной пленке красной или пурпурной. На начальных стадиях заболевания листьев в них происходят

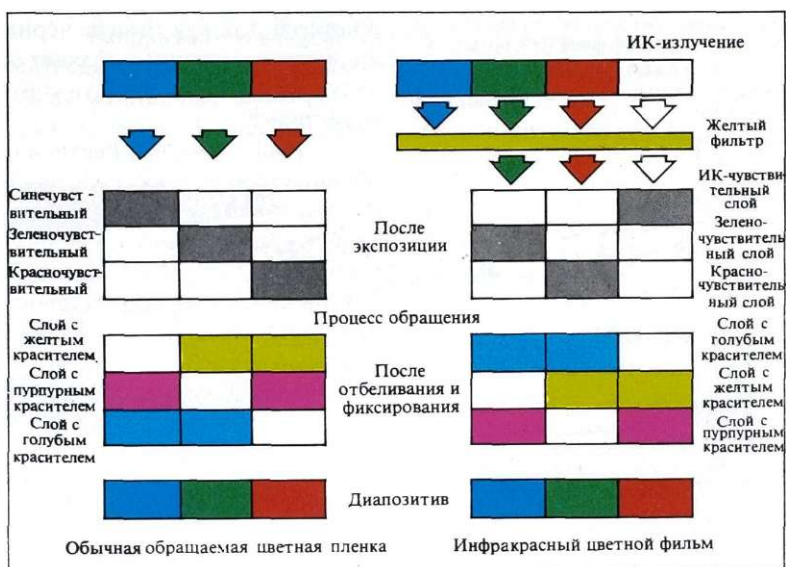
Таблица 2. Воспроизведение цветного объекта (сюжета) на инфракрасной пленке

Визуальный цвет объекта	Передача на пленке цвета объекта	
	поглощающего ИК-излучение	отражающего ИК-излучение
Синий	От серого до черного	Красный
Зеленый	Синий	Пурпурный
Красный	Зеленый	Желтый
Желтый	Голубой	От серого до белого
Пурпурный	Зеленый	Желтый
Голубой	Синий	Пурпурный
Серый	Голубой	Серый

структурные изменения, в результате которых снижается отражательная способность листьев. На снимке такая листва получается голубовато-серой. В настоящее время периодическая инфракрасная цветная аэрофотосъемка лесных массивов становится стандартным методом раннего обнаружения тревожных симптомов.

Рентгеновские пленки — черно-белый негативный фотографический материал, предназначенный для регистрации рентгеновских лучей, — делаются с особенно толстым

Рис. 53.
Сравнение слоев с красителями и чувствительности обычной и инфракрасной цветной пленки. Экспонирование инфракрасной пленки осуществляется через желтый светофильтр, поглощающий все синие лучи, которые не попадают на пленку и к которым чувствительны все эмульсионные слои.



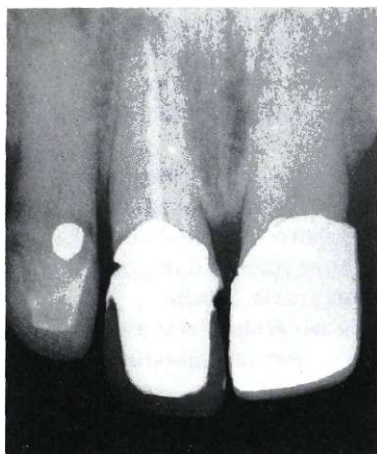


Фото 13.

Рентгеновский снимок зубов отчетливо показывает коронки на двух из них и пломбу в третьем. Материал коронок и цемент, на котором они закреплены, пропускают рентгеновские лучи иначе, чем сами зубы. Узкая белая линия в среднем зубе показывает, что здесь коронка была посажена на штифт.

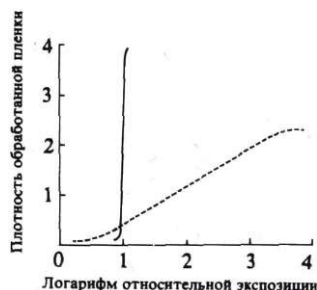


Рис. 54.

Характеристические кривые обычной пленки общего назначения (пунктирная кривая) и пленки для литографского применения типа «Лит» (сплошная кривая). Последняя обладает высоким контрастом, и относительно небольшое изменение в уровне экспозиции вызывает значительное скачкообразное возрастание плотности изображения.

эмульсионным слоем, который часто наносится на обе стороны подложки. Последнее обстоятельство позволяет свести нужную для нормальной экспозиции дозу рентгеновского излучения до приемлемого уровня и таким образом предохранить от поражения живые ткани.

Все фотопленки общего назначения чувствительны к рентгеновскому излучению. Об этом следует помнить при прохождении таможенного досмотра в аэропорту, поскольку в контрольных устройствах для проверки багажа используется рентгеновское излучение.

Пленки «Лит» — чрезвычайно контрастный черно-белый фотографический материал, предназначенный для полиграфических целей. Для пленок данного типа при постепенном увеличении экспозиции наблюдается внезапный, скачкообразный рост плотности изображения. Пленка имеет некий пороговый уровень экспозиции, ниже которого изображение не проявляется (давая в результате прозрачную после обработки пленку), а выше которого сразу образуется изображение с повышенной плотностью (почернение). Идеальные пленки типа «Лит» дают изображение, состоящее только из черного и белого, без каких-либо промежуточных полутонов серого.

Одно из главных применений таких пленок — художественная полиграфия, когда нужно подготовить к печати различные оригиналы (красками на бумаге в противоположность обычной фотографической печати). Технология такого полиграфического процесса сводится лишь к двум состояниям — есть краска или нет краски. Никаких промежуточных возможностей не существует. Перед изготовлением любых печатных матриц или пластин, с которых печатаются книги, все их содержание (будь то текст или иллюстрации) должно быть переведено в эту форму «да—нет». Фотографии и иллюстрации, в которых необходимо передать промежуточные полутона, подвергаются для этого съемке через растры, в результате чего полутона превращаются в наборы маленьких точек, расположенных по повторяющейся сетчатой структуре. Тон любого участка первоначальной фотографии передается размерами этих точек в соответствующем участке печатной копии.

На определенной стадии издания данной книги ее первоначальная информация (текстовая, диаграммная или в виде фотоснимков) была «изложена» на пленках типа «Лит».

Материалы для одноступенного фотографического процесса

Одноступенный фотографический процесс позволяет существенно сократить время между съемкой и получением готового изображения¹. Фотоматериал для таких процессов

¹ В СССР выпускались специальные аппараты «Момент», а затем «Фотон» с комплектами «Момент» для получения моментальных черно-белых фотоснимков. — *Прим. ред.*



Рис. 55.
Фотоаппараты для немедленного
получения изображения.

выпускается как в черно-белом, так и в цветном варианте обычно в виде упаковки на восемь или десять снимков каждая. Все реактивы, необходимые для проведения обработки пленки и получения окончательного изображения, содержатся внутри упаковки.

Существует два метода проведения одноступенного фотографического процесса. В первом методе каждый светочувствительный комплект содержит негативный материал, позитивный материал (в виде листов или роликов) и ампулы с обрабатывающими химикатами. После экспонирования эмульсионный слой негативного материала автоматически приводится в контакт с эмульсионным слоем позитивного материала, при этом между ними (по краю каждого кадра) оказывается ампула с обрабатывающими реактивами. Когда такой «сэндвич» выводится из кадрового окна камеры, ампула раздавливается между специальными роликами и вязкий обрабатывающий раствор равномерно распределяется в промежутке между негативным и позитивным материалом. После проявления, время которого обычно составляет около 60 с, «сэндвич» разъединяют: негатив и использованная обрабатывающая паста отделяются от совершенно готового позитивного изображения. В некоторых комплектах негатив может быть использован для получения отпечатков обычным способом через увеличитель. Для этого негатив после изготовления с него «единственного» контактного позитива надо сразу же обработать раствором сульфита натрия, а затем промыть в воде и высушить.

Во втором методе все реактивы, необходимые для проведения процесса, введены прямо в эмульсионный слой фотографического материала. После экспонирования «снимок» (на котором пока еще нет никакого изображения) извлекается из фотоаппарата автоматически (с помощью электромотора) или вручную (с помощью специальной рукоятки). Изображение начинает появляться прямо на свету, постепенно проступая на фоне белого непрозрачного слоя, выполняющего функцию подложки. Проявление проходит совершенно автоматически, и изображение приобретает необходимую плотность и насыщенность красок за 5—8 мин.

Следует заметить, что качество позитива, полученного при одноступенном фотографическом процессе, обычно хуже, чем качество отпечатков или диапозитивов, полученных на обычных фотоматериалах. Кроме того (если исключить немногочисленные негативно-позитивные комплекты для черно-белой фотографии), размножение позитивов возможно только путем копирования первоначального единственного отпечатка, что приводит к дополнительным потерям качества. По этим причинам камеры для одноступенного фотографического процесса не получили широкого распространения. Фотографы-профессионалы обычно пользуются ими для проверки установки света, позы снимаемого и др.

Форматы пленок

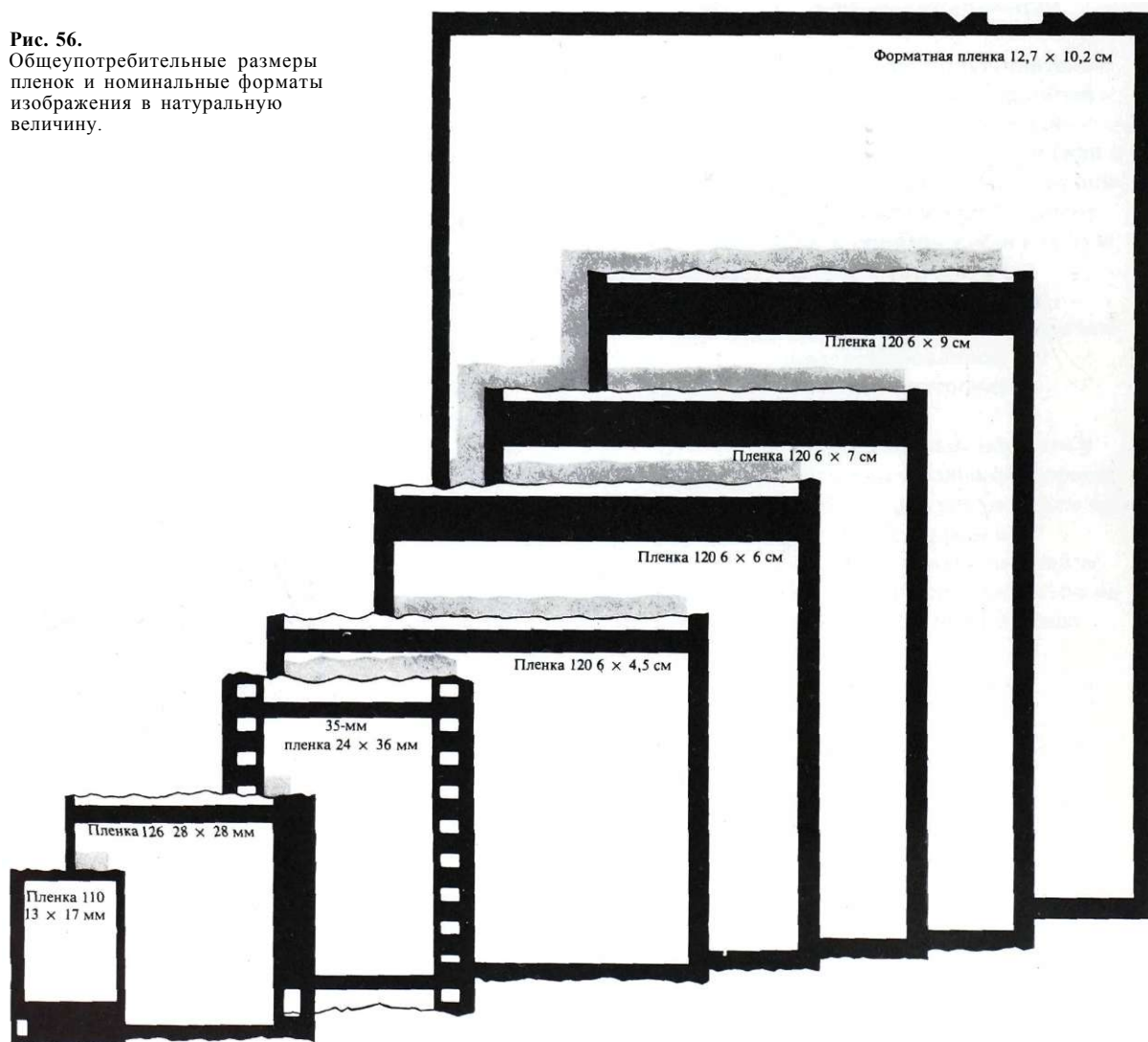
Пленка типа 110 — светочувствительный съемочный фотографический материал, рассчитанный на получение 12 или 20 кадров с размером изображения 13X 17 мм. Пленка помещается в пластмассовые патроны, которые вкладываются в заднюю часть маленькой карманной камеры.

Пленка типа 126 — светочувствительный съемочный фотографический материал, рассчитанный на получение 12 или 20 кадров с размером изображения 28 X 28 мм. Пленка помещается в патрон оригинальной конструкции.

35-мм пленка — наиболее распространенный светочувствительный съемочный фотографический материал, рассчитанный на получение 20 или 36 (в некоторых случаях 12 и 24) кадров с размером изображения 24 X 36 мм (иногда 18 X 24 мм) и имеющий с обеих сторон перфорацию. Пленка помещается в пластмассовые или металлические кассеты.

Рис. 56.

Общепотребительные размеры пленок и номинальные форматы изображения в натуральную величину.



Формат изображения и типы камер.

The image contains several line drawings of cameras and film strips, arranged in a grid-like fashion. The drawings are labeled with Cyrillic letters and numbers:

- a**: A camera with a large, curved viewfinder on the left and a stack of film strips on the right.
- б**: A camera with a large, rectangular viewfinder on the left and a stack of film strips on the right.
- в**: A camera with a large, rectangular viewfinder on the left and a stack of film strips on the right.
- г**: A camera with a large, rectangular viewfinder on the left and a stack of film strips on the right.
- д**: A camera with a large, rectangular viewfinder on the left and a stack of film strips on the right.
- е**: A camera with a large, rectangular viewfinder on the left and a stack of film strips on the right.
- ж**: A camera with a large, rectangular viewfinder on the left and a stack of film strips on the right.
- з**: A camera with a large, rectangular viewfinder on the left and a stack of film strips on the right.
- 2**: A camera with a large, rectangular viewfinder on the left and a stack of film strips on the right.

54

Наиболее распространенным является формат 6X6 см, который используется в двухобъективных и многих однообъективных зеркальных камерах. Формат 6x 9 см чаще всего используется в специальных адаптерах для рольфильма, предназначенных для павильонных камер с матовым стеклом. Пленка типа 120, называемая обычно рольфильмом, наматывается на пластмассовые или металлические катушки вместе с более длинной, чем пленка, черной бумагой (ракордом), которая защищает пленку от света с обоих концов, так что катушку можно заряжать в камеру на свету.

Пленка типа 220 — светочувствительный съемочный фотографический материал, рассчитанный на получение в два раза большего числа кадров, чем пленка типа 120. Поскольку пленка типа 220 имеет такую же ширину, как и пленка типа 120, ее можно использовать в камерах, предназначенных для съемки на пленку 120. Для этого камеры снабжаются переключателем или рычагом, который управляет автоматическим счетчиком кадров и транспортирующим механизмом.

Форматные (листовые) пленки — светочувствительный съемочный фотографический материал, рассчитанный на получение одного снимка. Такие пленки выпускаются различных размеров — от 12,7 X 10,2 до 50,8 X 40,8 см (или от 5X 4 до 20 X 16 дюймов). Пленка помещается в светонепроницаемую кассету, которая на свету вставляется в фотокамеру. Большинство кассет являются двусторонними, т. е. в каждую можно поместить две листовые пленки. Существуют специальные магазины, вмещающие шесть форматных пленок. Пленки в таких магазинах уложены в стопку, причем смена экспонированной пленки неэкспонированной осуществляется с помощью специального внутреннего механизма.

Форматные пленки применяются главным образом в профессиональной фотографии, поскольку большой формат негатива позволяет ограничиться небольшим увеличением при печати и тем самым получить мелкозернистое резкое изображение. Кроме того, такие негативы и позитивы легче ретушировать, не говоря уже о том, что размеры дефектов на отпечатке (если они есть) много меньше, чем при больших увеличениях с маленьких негативов.

Фотоэлектрические экспонометры

Для получения правильно экспонированного снимка необходимо определить требуемую экспозицию, т. е. нужную комбинацию значений *диафрагма — выдержка*, и установить полученные значения на соответствующих шкалах. Последнее обстоятельство предполагает наличие возможности точно контролировать величину диафрагмы и выдержки, другими словами, регулировать количество света, достигающего пленки. В черно-белой фотографии отклонение от правильной экспозиции на одну ступень (т. е. на одно деление по шкале выдержек или диафрагм) в ту или иную сторону практически не сказывается на качестве изображения и может быть скорректировано при печати позитива. Аналогичная ситуация наблюдается при съемке на цветную негативную пленку. Однако в этом случае заметная передержка и недодержка приводят к необратимым изменениям насыщенности цвета, которые невозможно скорректировать при печати. Что касается цветных обрабатываемых пленок, то уже ошибка в экспозиции на полступени приводит к заметному ухудшению качества изображения. Интервал выдержек или значений диафрагм, в пределах которого могут быть получены приемлемые результаты при съемке на данную пленку, называется *фотографической широтой* пленки.

Правильное определение экспозиции невозможно без достаточно точного измерения *освещенности* (или *яркости*) объекта съемки. Для количественного измерения этих экспонометрических параметров используются специальные приемники излучения (светоприемники) — *фотоэлементы* и *фотосопротивления*, которые составляют основу фотоэлектрических экспонометров. В современных фотоэлектрических экспонометрах применяются, как правило, селеновые фотоэлементы, сернистокадмиевые фотосопротивления и кремниевые фотодиоды.

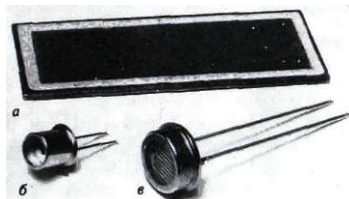


Рис. 58.
В экспонометрах обычно используются фотоприемники трех типов: селеновый фотоэлемент (а), сернисто-кадмиевое фотосопротивление (б), кремниевый фотодиод (в).

Экспонометры с селеновым фотоэлементом

Селеновый фотоэлемент изготавливают в виде тонких круглых или прямоугольных пластин, с каждой стороны которых имеются внешние токовые контакты. Действие такого фотоэлемента основано на явлении *внутреннего фотоэффекта* — при наличии излучения (светового потока) фотоэлемент вырабатывает собственную э. д. с. При замыкании фотоэлемента на внешнюю нагрузку в цепи появляется ток, сила которого пропорциональна

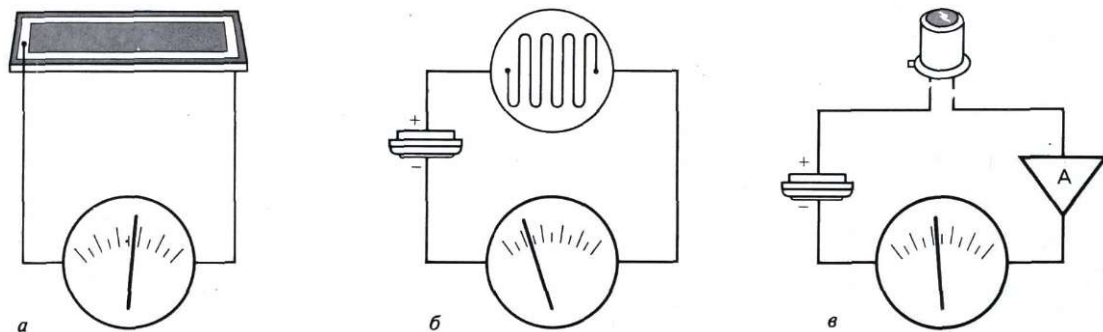


Рис. 59.

a — селеновый фотоэлемент вырабатывает электрический ток, сила которого пропорциональна интенсивности падающего на приемник света. Этого тока достаточно для того, чтобы его можно было зарегистрировать непосредственно чувствительным гальванометром. Экспонометры данного типа не требуют дополнительного питания; *б* — сернисто-кадмиевое фотосопротивление требует включения в схему небольшой батарейки. Оно само не вырабатывает электроэнергию, а только меняет свое электрическое сопротивление в зависимости от интенсивности падающего на него света и поэтому нуждается во внешнем источнике питания; *в* — кремниевый фотодиод также требует дополнительного источника питания, но, так как ток, протекающий через фотодиод при освещении слишком мал, чтобы его можно было измерить непосредственно, в схему приходится включать усилитель *A*. Он усиливает ток фотодиода до величин, которые можно измерить гальванометром.

интенсивности падающего на активную поверхность элемента света. Сила тока измеряется с помощью чувствительного гальванометра. При низкой освещенности ток может быть так мал, что его невозможно будет измерить с достаточной степенью точности. Именно этим обстоятельством определяются пределы возможных применений экспонометров данного типа.

Экспонометры с сернистокадмиевым фотосопротивлением

Фотосопротивление (фоторезистор) — полупроводниковый прибор, электрическое сопротивление которого изменяется под действием внешнего электромагнитного излучения, в частности света. Если такой прибор включить последовательно с источником питания и гальванометром, то сила тока в цепи будет зависеть от величины сопротивления фотоприемника и, следовательно, от интенсивности падающего на него света.

Экспонометры данного типа имеют высокую чувствительность и позволяют достаточно точно измерять силу тока даже при слабом освещении. Однако при низких уровнях освещенности возрастает инерционность фотоприемника — фотографу приходится ждать несколько секунд, пока стабилизируется положение стрелки гальванометра. Особенно ощутимой инерционность прибора становится в тех случаях, когда прибор, которым измеряли экспозицию при ярком освещении, сразу же используется для измерений в условиях слабого освещения. Тогда стрелка гальванометра проявляет «эффект памяти» — значение силы тока оказывается искусственно завышенным. Если выполнить съемку с такой экспозицией, то неизбежна сильная недодержка кадра. Поэтому для обеспечения максимальной точности измерений экспозиции при слабом освещении следует открывать крышку фотоприемника только в момент измерения.

Экспонометры с кремниевыми фотодиодами

Фотодиод — полупроводниковый прибор, действие которого основано на внутреннем фотоэффекте. Однако в отличие от селенового фотоэлемента в данном случае

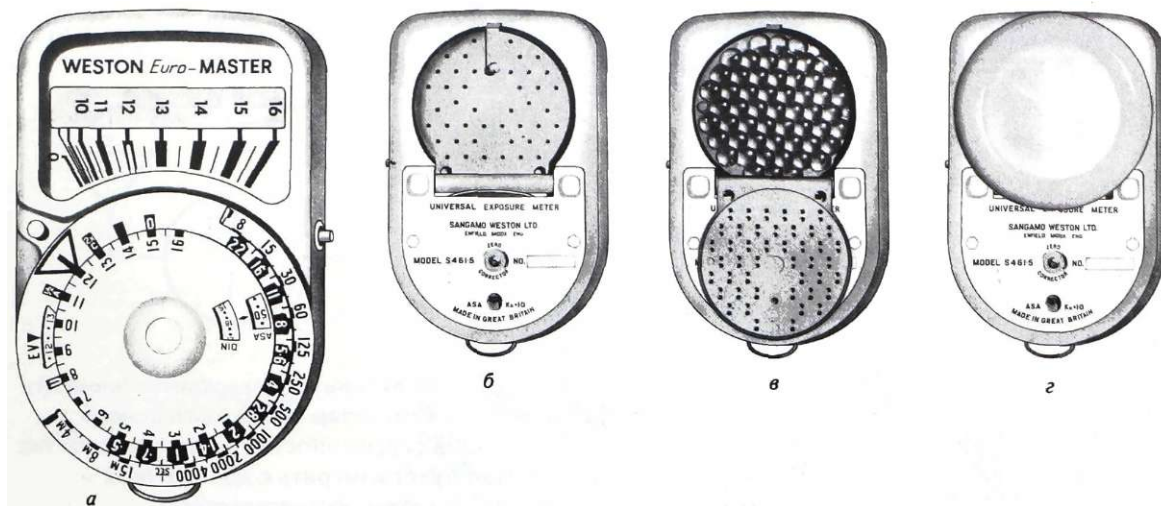


Рис. 60.

Широко распространенный экспонометр с селеновым фотоэлементом (а). После того как на шкале установлена чувствительность используемой пленки, делается отсчет показаний по измерительной шкале для данных условий освещения. Этот отсчет переносится на диск калькулятора, который дает возможные сочетания выдержки и диафрагмы, обеспечивающие нужную экспозицию. Фотоэкспонометр имеет два диапазона чувствительности. Первый из них (менее чувствительный) применяется при ярком освещении — селеновый фотоэлемент закрывается при этом заслонкой с небольшими отверстиями для уменьшения количества падающего на светочувствительную поверхность элемента света (б). При переходе на диапазон высокой чувствительности, используемый при слабом освещении, заслонка откидывается (в) и открывается вся поверхность фотоэлемента. При этом также меняются числа, которые появляются на измерительной шкале. Чтобы провести замер интенсивности падающего света, т. е. методом «по освещенности», на фотоэлемент надевается белый полупрозрачный рассеиватель (диффузор), закрепляемый на ободке оправы (г). Положение стрелки гальванометра в любой момент может быть зафиксировано, если нажать небольшую кнопку на боковой стенке прибора. Так как экспонометр не имеет специального источника питания, у него нет и общего выключателя.

используется внешний источник питания для усиления фототока. Кремниевые фотодиоды обладают хорошей чувствительностью и так же, как сернистокадмиевые фотосопротивления, могут быть использованы при слабом освещении, при этом у них отмечаются малая инерционность и отсутствие «эффекта памяти».

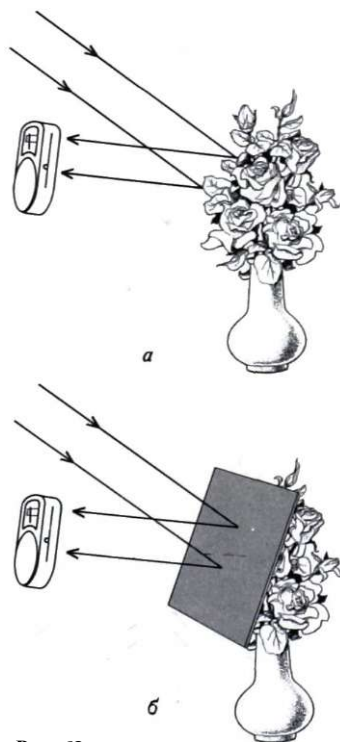
Наличие потребляющей дополнительной мощности усилителя приводит к быстрому истощению источника питания (батарейки). У некоторых экспонометров для увеличения срока службы источника питания предусмотрен специальный автоматический выключатель, который отключает цепь питания через определенное время после замера экспозиции, и таким образом исключается возможность работы схемы «вхолостую».

Конструкция экспонометров

Основными элементами любого фотоэлектрического экспонометра являются приемник излучения и индикатор тока, протекающего в цепи светоприемника и зависящего от освещенности его рабочей поверхности. Поскольку условия освещения могут быть самыми различными (от тропического яркого солнца до слабого света луны), большинство экспонометров имеет две шкалы — одну для яркого освещения, другую для слабого. При установке первой из них фотоприемник обычно утапливается внутрь корпуса или перед ним вводится дополнительный фильтр, что позволяет уменьшить количество света, достигающего приемника. У многих приборов имеется стопор стрелки гальванометра, что дает возможность сохранить результаты отсчета. После того как замер сделан, отсчет по шкале переносится на дисковый калькулятор, который указывает правильную экспозицию для данных условий освещения и используемой пленки, т. е. для данного сочетания *диафрагма — выдержка*.

Рис. 61.

Очень чувствительный экспонометр с сернисто-кадмиевым фотосопротивлением (а). Этот прибор питается от двух небольших окиснортутных батареек и для проведения измерения включается специальным переключателем на боковой стенке. Переключатель позволяет также выбрать один из двух диапазонов измерений. Для отсчета по методу освещенности перед окном фотоприемника размещается куполообразный полупрозрачный экран (б).



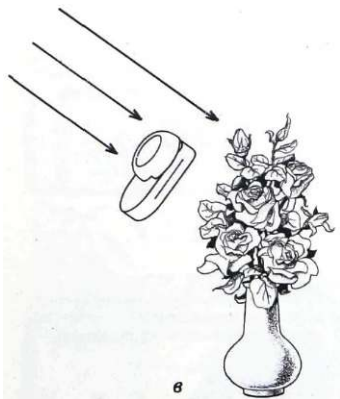
При помощи большинства фотоэлектрических экспонометров экспозицию можно определять, измеряя либо интенсивность отраженного объектом съемки света (яркость объекта), либо интенсивность падающего на объект съемки света (освещенность объекта).

Измерение интенсивности отраженного объектом света. Приемник экспонометра размещают относительно объекта съемки примерно под тем же углом, что и съемочный объектив, и делают замер интенсивности отраженного объектом света. При этом предполагается, что объект (сюжет) имеет среднюю отражательную способность, определяемую балансом светлых и темных участков (тонов). Если в действительности фотографируемый объект отражает больше света (или меньше), чем средний объект, в показания экспонометра необходимо ввести поправку; в противном случае для объекта более темного (более светлого), чем средний, будет определена слишком большая (слишком маленькая) экспозиция. Именно такая ситуация наблюдается при съемке воды и снега — объектов более светлых, чем средний. Поэтому, чтобы избежать недодержки, необходимо увеличить показания экспонометра на одну ступень при съемке воды и на одну-две ступени при съемке снега.

Рис. 62.

а — при измерении экспозиции методом отраженного света («по яркости объекта») экспонометр помещают непосредственно перед объектом съемки так, чтобы фотоприемник фиксировал интенсивность света, отраженного объектом. б — если объект съемки по своим отражательным характеристикам светлее или темнее «среднего», то для получения правильных значений экспозиции перед объектом помещают какой-нибудь предмет, обладающий «средними» характеристиками отражения, например фотографическую серую карту.

Лучше всего измерять яркость участка поверхности объекта, отражательная способность которого составляет 18%. Однако на практике трудно определить, какой именно участок поверхности удовлетворяет этому требованию. Поэтому обычно измеряют яркость искусственного среднего объекта, например «серой карты». «Серую карту» располагают так, чтобы она была освещена идентично снимаемому объекту, при этом карта должна быть обращена к источнику света серой стороной, так как отражательная способность такой поверхности составляет 18% и замер делается именно от этой поверхности. Белая сторона карты



в — более точные значения экспозиции при фотосъемке объектов, отличающихся от средних, дает метод измерения интенсивности падающего на объект света. Экспонетр с молочной насадкой, закрывающей фотоприемник, помещают около объекта съемки, повернув его к источнику света. В таком положении прибор измеряет интенсивность света, падающего на объект съемки.

отражает 90% света и используется для расширения эффективной чувствительности экспонометра при низких уровнях освещенности, когда многие экспонометры дают недостаточно точные показания. Если замер производится от белой стороны карты, то показания прибора следует увеличить в пять раз, поскольку отражательная способность белой стороны карты в пять раз больше отражательной способности ее серой стороны.

Показания экспонометра для серой карты можно использовать без дополнительных поправок при съемке многих объектов (сюжетов), при этом более светлые (более темные) объекты, чем средний, будут передаваться вполне удовлетворительно. Иногда все-таки приходится «притемнять» очень светлые объекты или дополнительно «высветлять» очень темные. Так, например, для того чтобы были видны все детали резьбы темных деревянных изделий, последние должны выглядеть на снимке более светлыми, чем они есть на самом деле. Поэтому при использовании данных замера интенсивности света, отраженного серой картой, резьба будет воспроизводиться более темной, чем это желательно; вместе с тем при использовании данных измерения яркости всего изделия он будет выглядеть слишком светлым. Наиболее приемлемый результат может быть получен, если воспользоваться промежуточным значением экспозиции.

Измерение интенсивности падающего на объект света.

Экспонетр размещают таким образом, чтобы его положение в точности соответствовало положению фотографируемого объекта. Перед фотоприемником устанавливают рассеиватель (диффузор), который должен быть повернут к источнику света. Как и в случае замера интенсивности света, отраженного серой картой, показания экспонометра не будут зависеть от тональных характеристик

Фото 14.

Снежный пейзаж. Типичный пример сюжета более светлого, чем объект со средними отражательными характеристиками. Так как экспонометр «предполагает», что любой объект является средним серым, снимок, сделанный в соответствии с показаниями прибора, полученными методом измерения яркости, будет существенно недоэкспонирован (*слева*). Воспользовавшись показаниями прибора от серой карты или проведя замер по освещенности, можно получить более правильное значение экспозиции (*справа*). В зависимости от конкретных условий ошибка в экспозиции для снежных пейзажей, определенной на основе измерения интенсивности отраженного света, может достигать двух ступеней выдержки или диафрагмы.



Фото 15.

Берег моря — еще один пример сюжета более светлого, чем средний. При фотосъемке таких сюжетов нельзя ориентироваться непосредственно на показания экспонометра, поскольку это приведет к недодержке изображения.



объекта съемки и прибор будет давать правильную экспозицию.

В любом случае независимо от используемого метода определения экспозиции можно рекомендовать фотографу делать дополнительные (дублирующие) кадры. При съемке на черно-белые и цветные негативные пленки можно сделать дополнительные кадры с уменьшением и увеличением экспозиции на одну ступень относительно показания экспонометра, а при съемке на цветные обрабатываемые пленки — на полступени. В особенно ответственных случаях или когда правильность показаний экспонометра вызывает сомнения, целесообразно сделать пять дублирующих кадров: один в соответствии с показаниями прибора, один с увеличением экспозиции на полступени, один с увеличением экспозиции на целую ступень и по одному кадру с уменьшением экспозиции на полступени и на целую ступень.

Не следует думать, что использование данного приема свидетельствует о недостаточном мастерстве фотографа. Напротив, именно фотографы-профессионалы считают за правило делать дублирующие кадры.

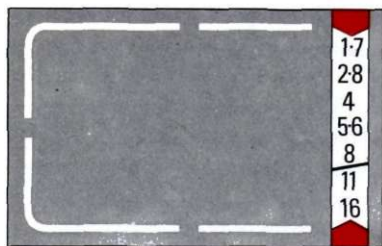


Рис. 63.

Видоискатель дальномерной камеры со *встроенным* экспонометром. Чувствительность пленки и скорость затвора устанавливаются вручную, необходимое значение диафрагмы устанавливается «автоматически» в момент съемки. Если поддерживать положение стрелки между красными метками (в тех случаях, когда она вышла за этот предел, следует установить другое значение выдержки) и если сделать необходимые допуски на отклонение сюжетов от средних, такая камера обеспечит правильное экспонирование снимка.

Встроенные экспонометры

Многие дальномерные фотоаппараты снабжены встроенными экспонометрами с селеновым или сернистокадмиевым фотоприемником, расположенным на передней стенке камеры. Показания такого прибора обычно устанавливались вручную на шкале выдержек и диафрагм. В современных моделях дальномерных камер экспонометр соединен с механизмом управления выдержкой и диафрагмой: при правильно выбранной экспозиции стрелка, связанная с механизмом управления, совмещается со стрелкой гальванометра либо стрелка гальванометра совмещается с неподвижной меткой.

Фото 16.

Метод измерения экспозиции по всему полю кадра. При использовании данного метода на показания экспонометра (система TTL) одинаково влияют яркости всех участков кадра. Это может привести к ошибкам в показаниях экспонометра, обусловленных тем, что главный объект занимает лишь небольшую часть площади кадра, а остальные участки могут содержать детали, значительно светлее (или темнее) главного объекта съемки. Слева — кадр построен так, что значительное влияние на показания экспонометра окажет яркое небо, и в результате главный объект будет недодержанным; справа — более точное значение экспозиции можно получить, если при измерении наклонить камеру вниз. При такой кадрировке большая часть неба «уйдет» из кадра и основная площадь кадра будет иметь яркость, близкую к тону основного объекта.

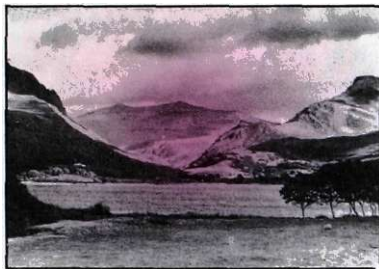
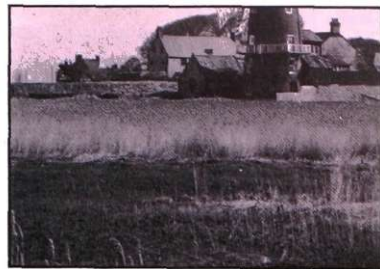
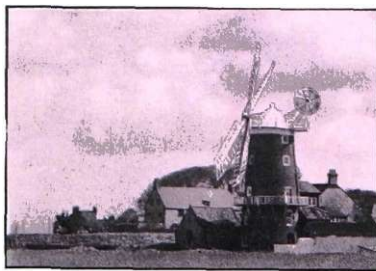


Фото 17.

Метод измерения экспозиции с повышенной ролью центральной части кадра. Замер производится от всей площади кадра, но при этом предполагается, что сюжетно важный объект находится в центре кадра; чувствительность системы выбирается таким образом, чтобы участки в центральной области влияли на показания существенно сильнее, чем боковая и особенно угловые зоны кадра. Такой метод, как правило, обеспечивает более точные результаты при съемке сложных сюжетов, чем метод измерения по всему полю кадра.

При наличии встроенных экспонометров экспозицию можно определять, только измеряя интенсивность отраженного объектом света.

У большинства однообъективных зеркальных камер фотоприемник экспонометра расположен за съемочным объективом — система TTL. Экспозиция определяется по интенсивности света, прошедшего в камеру через съемочный объектив. Обычно измеряется освещенность изображения на матовом стекле или фокусирующем экране с помощью фотоприемников, расположенных рядом с пентапризмой. Фотоприемниками, как правило, являются сернистокадмиевые фотосопротивления или кремниевые фотодиоды, поскольку они имеют высокую чувствительность, которая необходима для измерения относительно небольших уровней освещенности внутри фотоаппарата.

Главное достоинство системы TTL состоит в том, что измерение делается только от тех частей объекта (сюжета), которые действительно получаются на снимке. При смене объектива угол зрения экспонометра меняется автоматически.

Система TTL может быть рассчитана на равномерное измерение освещенности всего поля кадра (замер по всему полю), центральной части поля кадра (замер с повышенной ролью центральной части поля кадра) и «точечного» участка поля кадра («точечный замер»).

Замер по всему полю кадра. Один или два фотоприемника размещают рядом с пентапризмой и измеряют освещенность изображения на матовом стекле (фокусирующем экране) видоискателя. Положение приемников выбирается таким, чтобы чувствительность измерительной системы была равномерной по всей поверхности экрана, т. е. по всему полю кадра.

Недостатком данного способа измерения экспозиции является то, что наличие чрезвычайно темных или слишком светлых участков изображения в поле кадра (например, яркое небо) приведет к неверным показаниям прибора, даже если эти участки расположены на периферии кадра. В таких случаях фотограф вынужден слегка отклонить камеру, чтобы вывести эти участки из кадра и уменьшить погрешность измерения.

Замер с повышенной ролью центральной части поля кадра. Два фотоприемника размещают таким образом, чтобы их поля зрения перекрывались в центральной части фокусирующего экрана. В пределах зоны перекрытия

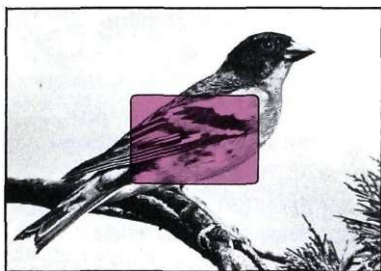


Фото 18.

Метод точечного измерения экспозиции. Измерение экспозиции осуществляется для четко ограниченного участка сюжета в центре кадра; точные границы этого участка обозначены в видоискателе. Такой метод дает возможность фотографу выбрать ту часть сюжета, по которой будет произведен замер, и обеспечивает очень точные результаты определения экспозиции.

показания дают оба приемника, вне этой зоны — только один из них. Поэтому общая чувствительность системы плавно возрастает от периферии кадра к его центру.

«Точечный замер». В данном случае используется один фотоприемник, который размещают таким образом, чтобы он фиксировал свет только от небольшого, резко очерченного участка изображения в центре фокусирующего экрана. На экране обычно имеется метка, указывающая зону замера.

Применение данного способа предполагает наличие у фотографа определенного опыта, поскольку фотографу самому приходится выбирать подходящий участок объекта для замера.

В подавляющем большинстве моделей однообъективных зеркальных камер система TTL позволяет осуществлять только один вид замера. В некоторых более сложных камерах установлена такая система TTL, которая дает возможность проводить замер по всему полю кадра и «точечный замер».

У многих экспонометров системы TTL индикатором является обычный, но очень миниатюрный гальванометр, стрелка которого видна в окне видоискателя. Установка правильной экспозиции производится вращением головки выдержек или кольца диафрагмы до совмещения стрелки с определенным индексом. В самых последних моделях вместо гальванометров используются светящиеся индикаторы — светодиоды. (Как утверждают изготовители, такая система индикации более устойчива к механическим воздействиям, чем система с гальванометром.)

Для правильной работы экспонометров системы TTL необходимо, чтобы они были связаны с механизмом управления диафрагмой. Такая связь может быть чисто оптической, если измерение экспозиции проводится при рабочем значении диафрагмы, либо механической или электрической, если измерение экспозиции проводится при полностью открытой диафрагме.

Измерение при рабочем значении диафрагмы. Большинство однообъективных зеркальных камер снабжено «автоматическими» объективами, у которых диафрагма остается полностью открытой независимо от значения, установленного на кольце диафрагмы, в течение всего времени выбора кадра и наводки на резкость. При нажатии спусковой кнопки диафрагма перед открытием затвора закрывается до заранее установленной величины, а после закрытия затвора полностью открывается. Такая система имеет два очевидных достоинства: во-первых, изображение в видоискателе все время остается предельно ярким и, во-вторых, при больших значениях диафрагмы глубина резкости невелика, что позволяет точно провести визуальную наводку на резкость.

Экспозицию определяют при рабочем значении диафрагмы. Закрытие диафрагмы до ее рабочего значения осуществляется с помощью специального рычага или кнопки, часто объединенной с механизмом включения и выключения

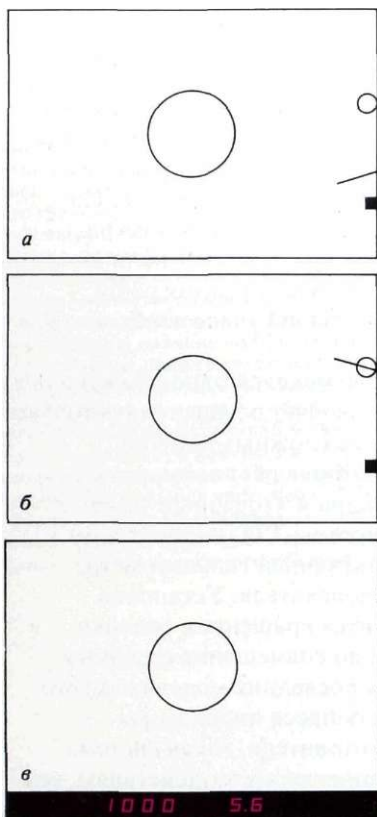


Рис. 64.

а, б — видоискатель камеры с системой измерения экспозиции при полностью открытой диафрагме, контрольным органом которой является стрелка гальванометра. Установка скорости затвора влияет на чувствительность измерителя и, следовательно, на величину отклонения стрелки при данных условиях освещения. При вращении кольца диафрагмы на объективе положение кругового индикатора изменяется. Регулируя диафрагму и/или скорость затвора так, чтобы стрелка точно пересекала круг индикатора, фотограф устанавливает правильное значение экспозиции. Если камера используется в режиме измерения экспозиции при рабочей диафрагме, кольцо диафрагмы и головку скоростей затвора следует установить так, чтобы положение стрелки совпало с фиксированным квадратным индексом; *в* — видоискатель однообъективной зеркальной камеры с полностью электронной системой измерения экспозиции. Такая система не имеет «нежного» гальванометра; выдержка и значение диафрагмы высвечиваются в нижней части видоискателя в цифровом виде.

экспонетра. При пользовании экспонетром степень открытия диафрагмы определяется по ее значению, установленному на кольце диафрагмы; при вращении кольца изменяется количество света, падающего на фотоприемник. Таким образом, связь между диафрагмой и фотоприемником экспонетра является чисто оптической, за исключением относительно простого механизма, закрывающего диафрагму при нажатии спусковой кнопки перед открытием затвора. Однако в момент определения экспозиции поле видоискателя затемняется и изображение трудно рассматривать, особенно при очень малых значениях диафрагмы.

Измерение при полностью открытой диафрагме. Наличие механической или электрической связи между съемочным объективом и камерой позволяет «сообщить» экспонетру значение диафрагмы, установленное на кольце диафрагмы. Внутри объектива устройство такой связи соединено только с установочным кольцом, а не с механизмом управления диафрагмой. При вращении установочного кольца соответствующее соединение «симулирует» установку рабочего значения диафрагмы, в то время как диафрагма остается полностью открытой. Подобная связь требует дополнительной и достаточно сложной системы соединения, что существенно повышает стоимость таких объективов.

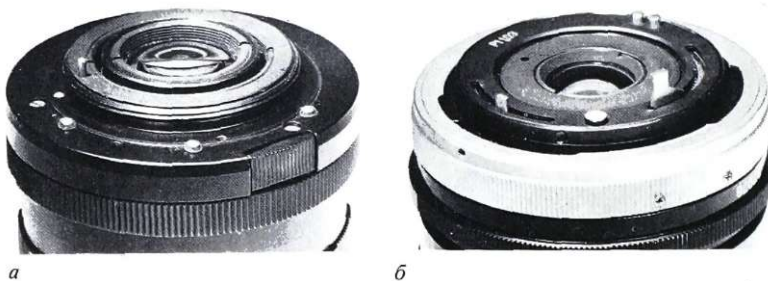
Большинство систем измерений при полностью открытой диафрагме может быть использовано в режиме измерения при рабочем значении диафрагмы, что бывает необходимо при применении различных дополнительных приспособлений, таких, как промежуточные удлинительные кольца или мех. Это в свою очередь дает возможность использовать объективы, для которых фирмы-изготовители не предусмотрели систему соединения для измерения экспозиции при полностью открытой диафрагме.

Многие однообъективные зеркальные камеры имеют полностью автоматические системы измерения экспозиции, в которых вообще не требуется ручной установки каких-либо стрелок. Такие системы бывают двух типов — *с приоритетом выдержки* и *с приоритетом диафрагмы*. В первом случае фотограф выбирает скорость затвора с учетом скорости перемещения объекта съемки, а автоматическая система устанавливает правильное значение диафрагмы. Во втором случае фотограф усиливает требуемое значение диафрагмы, а автомат отработывает необходимую выдержку. Этот метод дает возможность применять электронные затворы, в которых выдержка изменяется непрерывно. (В большинстве механических затворов установка и отработка промежуточных значений выдержки невозможны.)

Большинство камер имеет только одну из указанных автоматических систем и только некоторые и ту и другую. В обеих системах значение переменной, устанавливаемой автоматически, обычно высвечивается в видоискателе. Это дает возможность фотографу в случае необходимости вручную корректировать показания прибора. Например, диафрагма,

Рис.65.

При нажатии спусковой кнопки небольшой штырек на корпусе камеры, выходящий из задней части оправы объектива, приводит в движение лепестки диафрагмы, которые закрываются до значения, установленного на кольце диафрагм. Для камер, снабженных системой измерения экспозиции только при рабочем значении диафрагмы, такого привода между объективом и корпусом аппарата вполне достаточно, *а* — объектив, рассчитанный на систему измерения экспозиции при полностью открытой диафрагме. Информация о значении установленной диафрагмы передается от объектива в измерительную систему камеры с помощью электрического сигнала. Такое сопряжение осуществляется с помощью трех специальных контактов, расположенных на тыльной стороне оправы объектива; *б* — объектив, рассчитанный на измерение экспозиции при полностью открытой диафрагме; сопряжение камеры и объектива осуществляется чисто механически.



автоматически установленная в камере с приоритетом выдержек, дает слишком маленькую (или слишком большую) глубину резкости. Изменяя ручную скорость затвора, можно «заставить» камеру выбрать другое значение диафрагмы. Аналогично, если в камере с приоритетом диафрагмы автоматически установленная выдержка недостаточно мала, например для съемки быстро перемещающегося объекта, вручную можно установить большую по величине диафрагму, и в результате выдержка, обрабатываемая автоматом, станет достаточно малой.

Одна из основных проблем, возникающих при использовании систем автоматического выбора экспозиции, связана со съемкой объектов (сюжетов), отличающихся от средних. Дело в том, что в момент спуска затвора значительную часть поля кадра могут занимать слишком светлые или слишком темные детали объекта съемки. Это может привести к выбору неправильной экспозиции. Разработчики автоматических камер предложили два варианта решения этой проблемы. Один из них предусматривает корректировку показаний прибора вручную. Для этого в некоторых камерах с автоматической установкой экспозиции предусмотрен специальный орган, при этом пределы «вмешательства» фотографа ограничиваются двумя ступенями экспозиции с промежуточной фиксацией через % ступени. Другой вариант предполагает возможность «запоминания» автоматически определенных экспозиционных параметров, например при первом нажатии спусковой кнопки. В этом случае фотограф сначала наводит камеру на те участки объекта (сюжета), которые, по его мнению, должны давать правильную экспозицию, и автоматическая система «запоминает» это значение; затем фотограф перестраивает кадр так, как это требуется для съемки, и делает снимок с экспозицией, которую ранее «запомнил» автомат.

Выдержка и диафрагма

В большинстве камер экспозицию можно регулировать изменением как диафрагмы, так и выдержки. В первом случае регулируется интенсивность света, проходящего через объектив, или освещенность фотоматериала, во втором — время воздействия света на светочувствительный эмульсионный слой фотографического материала. Однако, изменяя выдержку и диафрагму, можно не только обеспечить правильную экспозицию, но и контролировать глубину резкости и перемещение объекта съемки.

Управление экспозицией

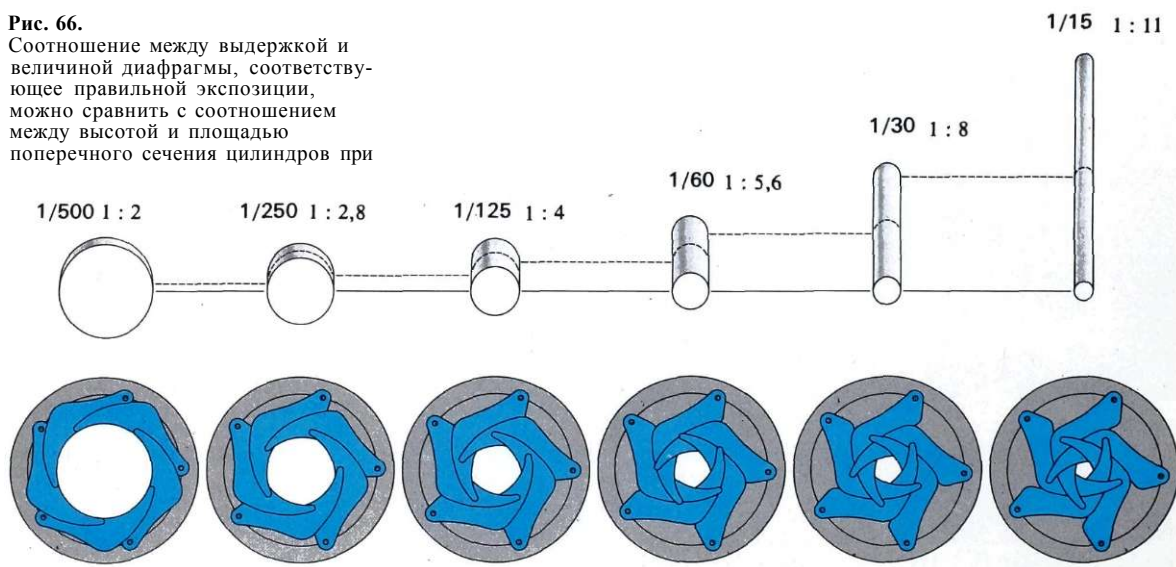
Кольцо управления диафрагмой калибровано таким образом, что при закрытии диафрагмы до следующего значения освещенность пленки уменьшается в два раза. Аналогично калибрована головка выдержек, т. е. между соседними значениями выдержки сохраняется соотношение 2:1.

Пользуясь таблицей экспозиций, которая приводится на вкладыше-описании каждой фотопленки, можно найти, например, что для данных условий освещения правильная экспозиция обеспечивается при выдержке $\frac{1}{60}$ с и диафрагме 1:5,6. Установив на фотоаппарате эти значения, получим правильно экспонированный диапозитив. Но оказывается, что правильно экспонированный диапозитив можно получить при выдержке $\frac{1}{125}$ с и диафрагме 1:4 или $\frac{1}{30}$ с и 1:8, т. е. при любом эквивалентном сочетании. Рассмотрим приведенный пример более подробно.

Предположим, что установлена диафрагма 1:5,6, а фотограф намерен воспользоваться значением 1:4. Так как это значение отличается от ранее установленного ровно на одно деление в сторону увеличения отверстия, это значит, что освещенность пленки при диафрагме 1:4 будет в два раза больше, чем при диафрагме 1:5,6. Поскольку освещенность пленки увеличилась вдвое, очевидно, следует время воздействия света на пленку уменьшить в два раза, для того чтобы пленка получила то же количество света, что и при диафрагме 1:5,6. Другими словами, необходимо установить выдержку $\frac{1}{125}$ с. Соответственно при переходе от диафрагмы 1:5,6 к диафрагме 1:8 время воздействия света на пленку надо увеличить в два раза, т. е. надо установить выдержку $\frac{1}{30}$ с. Открывать диафрагму и уменьшать выдержку (или закрывать диафрагму и увеличивать

Рис. 66.

Соотношение между выдержкой и величиной диафрагмы, соответствующее правильной экспозиции, можно сравнить с соотношением между высотой и площадью поперечного сечения цилиндров при



определении его объема. В обоих случаях существует множество комбинаций этих двух переменных, которые позволяют получить один и тот же конечный результат. Приведенная схема показывает, что для каждой величины «закрытия» диафрагмы (или для каждой площади поперечного сечения цилиндра) длительность экспонирования, т. е. выдержка (или высота цилиндра), должна удваиваться, чтобы получить постоянное значение экспозиции (или объем цилиндра) для пленки.

выдержку) можно до тех пор, пока диафрагма не будет полностью открыта (или закрыта), а на головке выдержек не будет установлена самая маленькая (или самая большая) выдержка. Если головка выдержек имеет символ В, то, естественно, предела со стороны больших выдержек не существует — затвор можно открыть вручную на сколь угодно длительное время, если самая большая автоматически установленная выдержка оказывается недостаточной. На практике вследствие отклонений от закона взаимозаместимости при выдержках, превышающих определенный предел, поправки к экспозиции оказываются значительно больше, чем дает расчет.

Если объектив имеет, например, пределы регулировки от 1:2 при полностью открытой диафрагме до 1:16 при полностью закрытой, тогда (для нашего примера 1:5,6 и $\frac{1}{60}$ с) можно сделать серию снимков с экспозицией от $\frac{1}{500}$ с при диафрагме 1:2 до $\frac{1}{8}$ с при 1:16, причем любая такая комбинация даст правильную экспозицию на снимке.

Выбор одной из возможных комбинаций *диафрагма — выдержка* должен производиться с учетом природы объекта съемки, а также авторской интерпретации сюжета. Дело в том, что от выбора выдержки будет зависеть качество передачи любого вида перемещения объекта, а от выбора диафрагмы — глубина резко изображаемого пространства. В тех случаях, когда один из этих факторов не играет принципиальной роли, выбор прост. Однако довольно часто фотографу приходится искать компромиссное решение, а нередко жертвовать одним экспозиционным параметром ради другого.

Управление передачей движения и глубиной резкости

Для оптимального выбора скорости затвора следует проанализировать, как на снимке будет передано движение объекта съемки. Предположим, например, что объектом

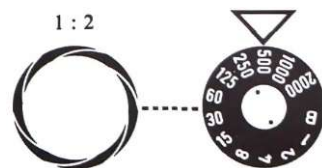
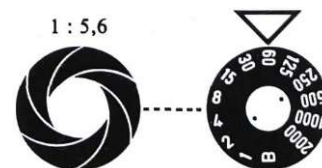
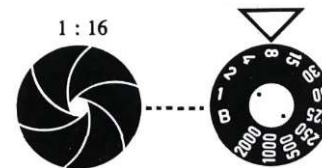


Фото 19.

Каждая комбинация *выдержка* — *диафрагма* соответствует одной и той же правильной экспозиции, но при этом меняется глубина резко изображаемого пространства и характер передачи движения объекта съемки. *Вверху* — фотосъемка производилась с выдержкой 1/500 с при диафрагме 1:2. Малая выдержка



«заморозила» (остановила) движение автомобиля, но большое значение диафрагмы привело к недостаточной глубине резкости, и поэтому листья на переднем плане получились нерезко; *в центре* — фотосъемка производилась с выдержкой 1/60 с при диафрагме 1:5,6. Более длительная выдержка привела к некоторому «размазыванию» изображения движущейся автомашины, а уменьшенное значение диафрагмы — к возрастанию глубины резкости и



улучшению резкости изображения листья на переднем плане; *внизу* — фотосъемка производилась с выдержкой 1/8 с при диафрагме 1:16. Маленькая диафрагма настолько увеличила глубину резкости, что все планы на снимке от переднего до самого дальнего переданы одинаково четко, в том числе и листья. Но большая выдержка привела к тому, что изображение движущегося автомобиля получилось полностью смазанным.

съемки является автомобиль, который перемещается поперек поля зрения со скоростью около 100 км/ч и съемка производится с выдержкой $\frac{1}{30}$ с. За время, в течение которого шторки затвора будут открыты, автомобиль проедет почти 1 м, и в результате на пленке его изображение будет смазанным. Если уменьшить выдержку до $\frac{1}{500}$ с, автомобиль переместится всего на 5 см, и результирующее изображение окажется более резким.

Необходимость в использовании самых малых выдержек возникает при спортивной фотосъемке, когда требуется «заморозить» движение и передать наибольшее количество деталей сюжета. Малые выдержки приходится применять и при быстром перемещении камеры, например при съемке из движущегося автомобиля или поезда. И даже в тех случаях, когда съемка производится неподвижной камерой, лучше фотографировать с малой выдержкой, чтобы исключить неизбежное небольшое смещение камеры при нажатии спусковой кнопки.

Изменение диафрагмы при фотосъемке в первую очередь влияет на глубину резко изображаемого пространства, т. е. на расстояние между ближайшими к аппарату и самыми дальними от него предметами, в пределах которого все детали сюжета кажутся на снимке одинаково резкими. Чем меньше диаметр действующего отверстия объектива, тем больше глубина резкости.

При фотосъемке многих сюжетов большая глубина резкости, т. е. очень резкая передача деталей как на переднем, так и на заднем плане, является чрезвычайно важной. Например, при пейзажной фотосъемке фотограф может строить свою композицию так, чтобы резким на снимке получился покров из цветов или других интересных деталей, находящихся близко от камеры, и одновременно был четко передан задний план. Применение небольшой диафрагмы даст уверенность, что и то и другое будет настолько резким, насколько это возможно. В тех случаях, когда требуется четко передать лишь основной объект съемки и отделить его от фона, который мешает восприятию главной детали, или же выделить какую-то деталь снимка, необходима небольшая глубина резкости. Малая глубина резкости достигается применением большого относительного отверстия объектива.

Из вышесказанного следует, что одновременно осуществить «остановку» движения предмета и получить большую глубину резкого изображаемого пространства практически невозможно, так как, чтобы получить нормально экспонированный кадр для выполнения первого требования, необходима малая выдержка и, следовательно, большое значение диафрагмы, а для выполнения второго — малые значения диафрагмы и, следовательно, большие выдержки. В подобной ситуации приходится идти на компромисс, используя средние скорости затвора и диафрагмы, при этом ни одно из требований полностью не удовлетворяется. Одним из возможных, хотя и не оптимальным, вариантом решения

проблемы выбора нужной комбинации *диафрагма* — *выдержка* является использование высокочувствительной пленки, что позволяет одновременно уменьшить и выдержку, и диафрагму. Качество снимка при этом ухудшается вследствие крупнозернистой структуры высокочувствительной пленки, но даже это обстоятельство можно рассматривать как слишком малую цену за возможность сделать снимок, который в противном случае был бы вообще невозможен.

Глубина резкости

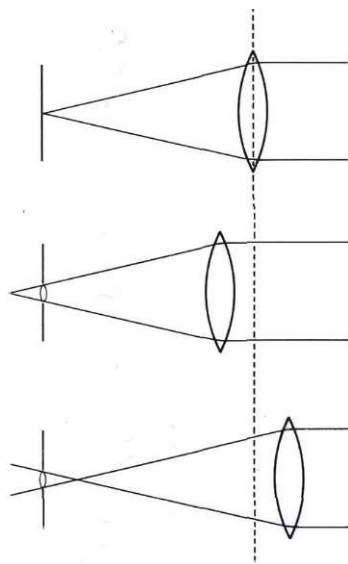


Рис. 67.

Если объектив фотоаппарата точно сфокусирован на какой-то очень далекий объект, например звезду, лучи от объекта проходят через объектив и собираются в точке (фокусе), которая лежит в плоскости пленки. Объект при этом регистрируется на пленке в виде маленькой точки. Если фокусировка проведена неточно, изображение объекта образуется либо перед, либо за плоскостью пленки, и объект будет воспроизведен не в виде точки, а в виде расплывчатого кружка, называемого кружком нерезкости.

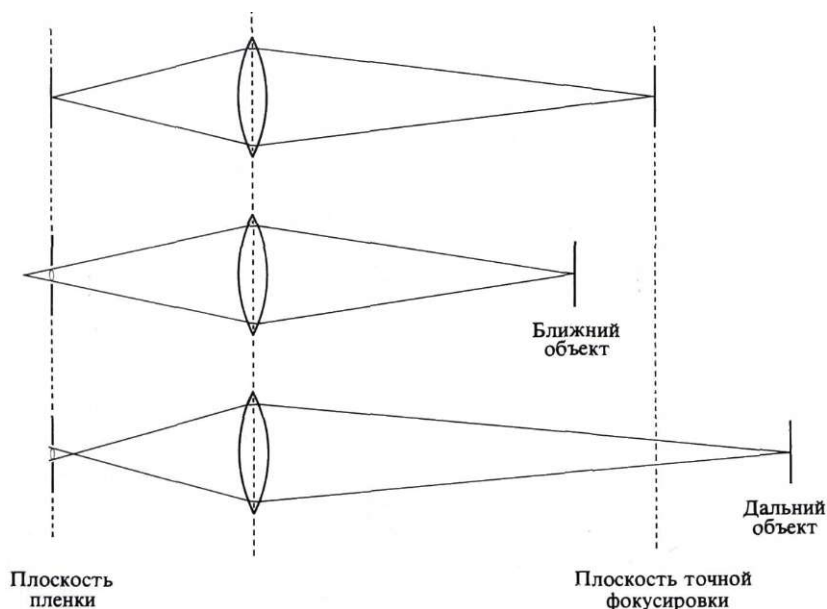
При точной фокусировке объектива камеры на какой-либо отдаленный объект, например на звезду, световые лучи, пройдя через объектив, собираются внутри камеры в конус, вершина которого находится точно в плоскости пленки. В результате на поверхности светочувствительного эмульсионного слоя фотографического материала образуется резкое изображение объекта съемки. Если объектив сфокусирован неточно (т. е. находится слишком близко или слишком далеко от пленки), вершина светового конуса будет находиться либо дальше, либо ближе плоскости пленки. В обоих случаях на пленке возникает искаженное изображение звезды в виде небольшого размытого кружка, который называется *кружком нерезкости* (или *кружком рассеяния*).

Любой фотографический объект испускает или отражает свет. Поэтому такой объект можно рассматривать как набор большого числа очень маленьких светящихся точек. Когда камера сфокусирована на какую-то плоскость объекта, изображение всех точек этой плоскости на пленке будет резким. Точки, лежащие ближе или дальше этой плоскости, будут переданы на пленке в виде кружков нерезкости, диаметр которых будет возрастать по мере удаления соответствующей точки объекта от плоскости наиболее резкой фокусировки. В результате на пленке будут резко воспроизведены только те детали объекта съемки, которые находятся в плоскости точной фокусировки, а все остальные будут выглядеть более или менее размытыми. Степень размытости или нерезкости каждой точки определяется диаметром ее кружка нерезкости. Если внимательно проанализировать любую фотографию, то можно заметить, что, хотя лишь часть точек объекта находится в плоскости точной фокусировки, изображения точек, лежащих чуть ближе или чуть дальше этой плоскости, также являются достаточно резкими. Заметно нерезкими выглядят объекты (сюжеты), значительно удаленные от плоскости фокусировки. Диаметр кружка рассеяния первой точки, которую можно определить как не совсем резкую, таков, что при рассмотрении его отдельно человеческий глаз способен уловить его конечные размеры, т. е. отличить от настоящей точки. Ширина зоны, в пределах которой все детали кажутся глазу одинаково резкими, т. е. размеры кружков рассеяния не превышают допустимого значения, называется *глубиной резкости* или, более правильно, *глубиной резко изображаемого пространства*.

Глубина резкости зависит от диаметра диафрагмы,

Рис. 68.

С фотографической точки зрения объект съемки можно рассматривать как набор очень большого числа маленьких светящихся точек, которые при точной фокусировке камеры на этот объект будут переданы на пленке как маленькие точки. Предметы, находящиеся перед или за этим объектом, будут переданы нерезко — каждая точка их поверхности будет воспроизведена на пленке в виде нерезкого кружка.



фокусного расстояния объектива, расстояния до объекта, на который сфокусирован объектив, а также от диаметра кружка нерезкости.

Шкалы и таблицы глубины резкости

Большинство современных фотообъективов снабжено шкалой глубины резкости, выгравированной на оправе объектива. Такая шкала позволяет быстро определить границы глубины резкости при различных значениях диафрагмы и различных расстояниях наводки на резкость (рис. 71). Однако пользоваться ею можно исключительно для целей общей фотографии. Более требовательный фотограф может обнаружить, например, по причинам, на которых мы

Фото 20.

Слева — использование большой диафрагмы 1:1,4 привело кочень маленькой глубине резкости: изображения предметов, находящихся но обе стороны от плоскости резкой наводки, получились нерезкими; справа — при использовании маленькой диафрагмы 1:22 глубина резкости возрастает.



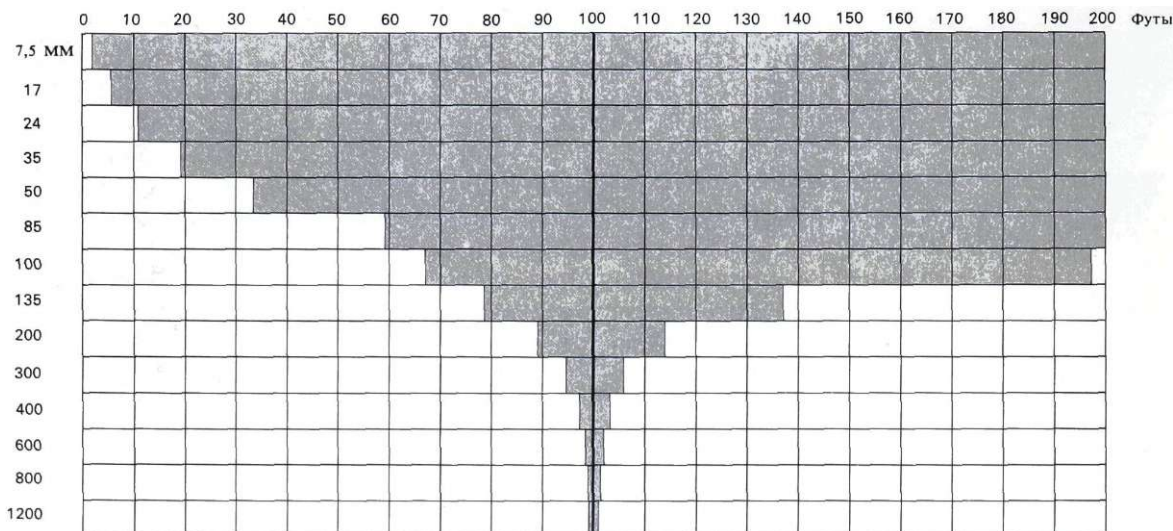


Рис. 69.

Большинство объективов имеет шкалу глубины резкости на фокусирующей части оправы. Если объектив сфокусирован на расстоянии 5 м и на нем установлена диафрагма 1:16, то глубина резкости простирается примерно от 2,5 м до бесконечности.

Рис. 70.

Влияние фокусного расстояния объектива на глубину резкости для некоторых расстояний наводки на резкость (100 футов, или около 30 м) и значения диафрагмы 1:8.



остановимся дальше, что резкость вблизи передней и задней границы глубины резкости при использовании указанной диафрагмы не будет его удовлетворять. Тогда он может принять, что следует использовать значение диафрагмы на одно деление меньше по диаметру, чем показывает имеющаяся шкала глубины резкости, т. е., например, 1:8 вместо 1:5,6. Или же он может предпочесть составление своих собственных таблиц глубины резкости.

Расчет глубины резкости

Ближняя и дальняя границы глубины резкости для любого сочетания значений *диафрагма* — *расстояние наводки* — *фокусное расстояние* объектива могут быть рассчитаны по следующим формулам:

$$\text{Ближняя граница глубины резкости} = \frac{Fu(F+cf)}{F^2+ucf},$$

$$\text{Дальняя граница глубины резкости} = \frac{Fu(F-cf)}{F^2-ucf},$$

где u — расстояние наводки на резкость, c — диаметр кружка нерезкости на негативе, f — значение выбранной диафрагмы, F — фокусное расстояние объектива.

При расчете все величины длины должны быть выражены в одних и тех же единицах, т. е. либо в дюймах или футах, либо в миллиметрах или сантиметрах.

Допустимое значение диаметра кружка нерезкости зависит от условий, при которых рассматривается окончательная фотография. Обычно предполагается, что человек с нормальным зрением при хорошем освещении способен различить две точки как отдельные, если они видны глазом под углом, превышающим примерно $2\frac{1}{4}$ дуговой минуты. Это соответствует двум раздельным точкам, расстояние между которыми составляет 0,166 мм, если их рассматривать с нормального расстояния чтения, примерно с 25 см. С такого

расстояния любые две точки, более близко расположенные друг к другу, не будут различаться глазом как отдельные и сольются в одну.

Если принять указанное расстояние 0,166 мм за допустимое значение диаметра кружка рассеяния на резких участках окончательного отпечатка и предположить, что отпечаток размером 20 X 25 см является самым большим, который еще рассматривается с минимального расстояния чтения, то можно рассчитать диаметр кружка нерезкости.

Отпечаток 20 X 25 см соответствует приблизительно трехкратному увеличению с негатива 6X9 см. Поэтому диаметр кружка нерезкости на таком негативе должен быть в три раза меньше, чем допустимый диаметр, т. е. не превышать 0,055 мм. Такой же отпечаток с 35-мм пленки соответствует уже примерно восьмикратному увеличению, и диаметр кружка рассеяния должен быть в восемь раз меньше, т. е. составлять 0,021 мм. (Предполагается, что отпечаток делается со всего негатива, а не с какой-то его части.)

Для отпечатка размером 40 X 45 см кружок нерезкости будет в два раза больше. Но, однако, и расстояние рассматривания обычно станет больше, и это обстоятельство автоматически компенсирует увеличение кружка рассеяния. Аналогичная ситуация имеет место при изготовлении слайдов, предназначенных для проекции.

Люди часто стремятся рассматривать большие увеличения с расстояний, меньше нормальных, а иногда садятся чуть ли не вплотную к экрану, на котором демонстрируются слайды. Поэтому выбор допустимого значения диаметра кружка нерезкости оказывается несколько субъективным, и фотографы, которым приходится часто печатать большие увеличения высокого качества, бывают вынуждены определять размеры кружка нерезкости, руководствуясь более жесткими критериями, чем обычно — при изготовлении небольших, размером с почтовую открытку снимков для семейного альбома.

Гиперфокальное расстояние

При фокусировке объектива камеры на бесконечность расстояние между камерой и ближайшим объектом, который еще получается достаточно резким, называется *гиперфокальным расстоянием*. Оно зависит от фокусного расстояния объектива, от величины установленной диафрагмы и от принятого в качестве допустимого диаметра кружка нерезкости для точки, которую еще можно считать резкой. Величину гиперфокального расстояния можно определить с помощью следующей формулы:

Гиперфокальное расстояние

где F — фокусное расстояние объектива, f — величина установленной диафрагмы и s — диаметр кружка нерезкости на негативе.

Практически соотношение между гиперфокальным

Рис. 71.

Три первые диаграммы иллюстрируют влияние на глубину резкости одной из трех переменных: величины диафрагмы, расстояния до объекта и фокусного расстояния объектива, — если две других остаются при этом неизменными. Четвертая диаграмма показывает, что, если при изменении фокусного расстояния и расстояния до объекта съемки величина изображения этого объекта на пленке остается одной и той же, глубина резкости практически остается неизменной.

расстоянием и глубиной резкости сводится к достаточно простому правилу «последовательных значений глубины резкости», согласно которому, если объектив последовательно фокусируется на расстояния до предмета, равные бесконечности, гиперфокальному расстоянию H , половине гиперфокального расстояния $H/2$, его трети $H/3$, его четверти $H/4$, его пятой части $H/5$ и т. д., то независимо от способа наводки на резкость глубина резкости будет простирается от одного соседнего с точкой наводки значения последовательно до другого. Например, для объектива, который при определенном значении диафрагмы имеет гиперфокальное расстояние 30 м, указанная последовательность будет иметь ряд 30, 15, 10, 7,5, 6, 5 м и т. д. Если объектив сфокусирован на расстояние 30 м, глубина резкости будет простирается от 15 м,

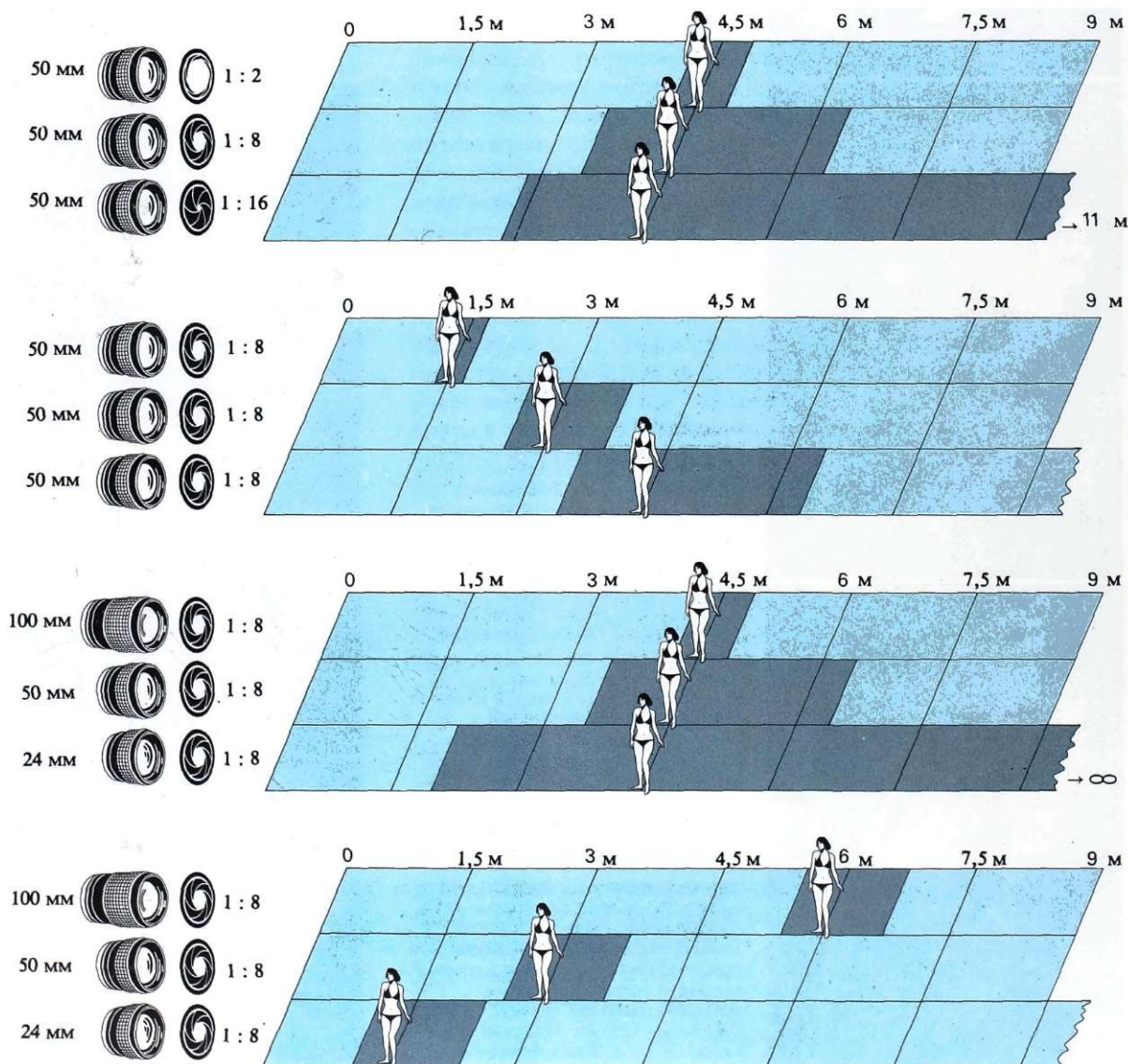




Фото 21.

Тщательно выбирая значение диафрагмы, можно управлять глубиной резкости и таким образом отделить основной объект съемки от фона. *Вверху* — глубина резкости оказалась недостаточной даже для резкой передачи центральных частей цветка. Canon FTb, 50-мм объектив с насадочной линзой №1, 1/500 с, 1:2,8, Kodachrome 25. *В центре* — резкое изображение цветка, который хорошо выделяется на размытом фоне. Canon FTb, 50-мм объектив с насадочной линзой №1, 1/60 с, 1:8, Kodachrome 25. *Внизу* — резкое изображение фона отвлекает внимание от основного сюжета. Canon FTb, 50-мм объектив с насадочной линзой №1, 1/15 с, 1:16, Kodachrome 25.

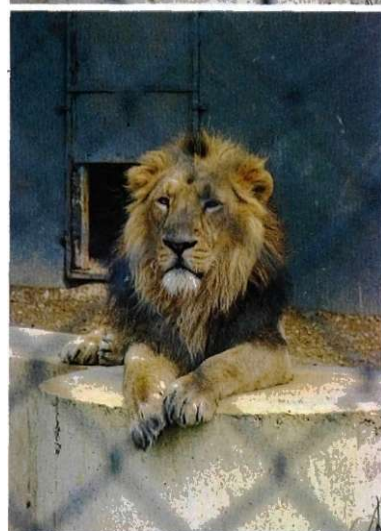


Фото 22.

Вверху — фотосъемка производилась в зоопарке, причем расстояние между камерой и проволоочной сеткой, огораживающей клетку со львом, составляло примерно 1 м. Наводка на резкость осуществлялась точно по объекту съемки (льву). В результате сетка получилась настолько резкой, что портит снимок. Nikkormat, 135-мм объектив, 1/30 с; 1:16, Kodachrome 64. *В центре* — расстояние между камерой и сеткой по-прежнему было около 1 м, но фотосъемка производилась при диафрагме 1:11. Проволока сетки стала менее резкой, хотя еще заметной. Nikkormat, 135-мм объектив, 1/60 с, 1:11, Kodachrome 64. *Внизу* — расстояние между камерой и сеткой осталось прежним, но при этом была установлена диафрагма 1:5,6. Изображение проволоки стало настолько расфокусированным, что сетка практически не видна и все внимание сосредоточено на основном элементе сюжета — льве. Nikkormat, 135-мм объектив, 1/250 с, 1:5,6. Kodachrome 64.

с одной стороны и до бесконечности с другой; если же его сфокусировать на 15 м, то глубина резкости будет лежать между 10 и 30 м. Такая последовательность может быть продолжена, однако при очень небольших расстояниях до объекта съемки, например при съемке почти в натуральную величину, подобные расчеты становятся слишком громоздкими, чтобы их можно было производить в уме.

Как пользоваться информацией о глубине резкости

Если объектив сфокусирован на гиперфокальное расстояние, глубина резкости простирается от половины гиперфокального расстояния до бесконечности. Это условие обеспечивает максимально возможную глубину резкости для выбранного значения диафрагмы и может с успехом использоваться, например, при фотографировании пейзажей, когда представляет одинаковый интерес резкость как переднего, так и самых дальних планов. Если требуется очень большая глубина резкости, которую невозможно получить с тем объективом, который полностью заполняет кадр выбранным сюжетом, можно попытаться перейти на съемку объективом с более коротким фокусным расстоянием, который обладает увеличенной глубиной резкости. Уменьшение величины изображения на негативе компенсируется большим увеличением при печати.

Например, объектив с фокусным расстоянием 50 мм при диафрагме 1:16 и диаметре кружка нерезкости 0,02 мм имеет гиперфокальное расстояние около 8 м. Когда объектив сфокусирован на это расстояние, глубина резкости простирается от 4,1 м до бесконечности. Объектив с фокусным расстоянием 25 мм при той же диафрагме 1:16 и диаметре кружка нерезкости 0,01 мм имеет гиперфокальное расстояние около 4 м и обеспечивает глубину резкости от 2 м до бесконечности. Эту же глубину можно было бы получить с объективом 50 мм, если бы на нем можно было установить диафрагму на две ступени меньше, т. е. 1:32. При использовании более короткофокусного объектива диаметр кружка нерезкости должен быть меньше допустимого, так как негатив придется увеличивать в два раза сильнее, чтобы получить тот же самый размер изображения на окончательном отпечатке.

Выше рассматривалась возможность получения наибольшей глубины резкости. Однако нередко бывают случаи, когда решается прямо противоположная задача. Для того чтобы сосредоточить внимание зрителя на главном в снимке, необходимо выделить это главное, т. е. передать на снимке резко только главное (основной объект съемки), а все второстепенное сделать нерезким. Обычно это достигается фотосъемкой при полностью открытой диафрагме, когда глубина резкости минимальна, или же фотосъемкой более длиннофокусным объективом, который обладает существенно меньшей глубиной резкости.

Сменные объективы

В отличие от камер, снабженных постоянными (несменными) объективами, при использовании фотографических аппаратов со сменной оптикой угол зрения камеры может быть изменен путем простой замены объектива, в результате чего становится возможным расширить границы кадра, не меняя точки съемки. Изменяя одновременно угол зрения и точку съемки, можно влиять на перспективу, на кажущееся соотношение размеров объектов на переднем и заднем плане. Это в свою очередь позволяет фотографу дать свою собственную интерпретацию сюжета.

В дополнение к широкому набору сменных объективов, выпускаемых для целей общей фотографии, многие фирмы производят объективы, предназначенные для определенных видов фотосъемки, например объективы типа «Макро» для фотосъемки очень крупным планом.

Нормальные объективы

За исключением особых случаев, современные камеры снабжены объективами с фокусным расстоянием, равным примерно диагонали кадра (негатива). Так, для камер с размером кадра 6X 6 см нормальный объектив имеет фокусное расстояние около 85 мм. Для полноформатной камеры, рассчитанной на 35-мм пленку, нормальный объектив обычно имеет фокусное расстояние 50 мм, хотя эта величина немного больше диагонали кадра. В последнее время наблюдается тенденция комплектовать такие камеры более короткофокусными объективами; ряд фирм выпускает камеры с объективами, имеющими фокусное расстояние 45, 40 мм и даже меньше.

Длиннофокусные объективы

Объективы с фокусным расстоянием больше, чем у нормальных объективов, называются длиннофокусными. Они имеют более узкий угол зрения и позволяют заполнить кадр данным сюжетом с более дальнего расстояния.

Одним из частных случаев использования длиннофокусного объектива является портретная съемка. Если съемка производится нормальным объективом так, чтобы весь кадр заполняли только голова и плечи фотографируемого, то детали лица, расположенные ближе к аппарату, особенно нос и подбородок, будут казаться слишком крупными по сравнению с другими чертами лица. При съемке объективом с более

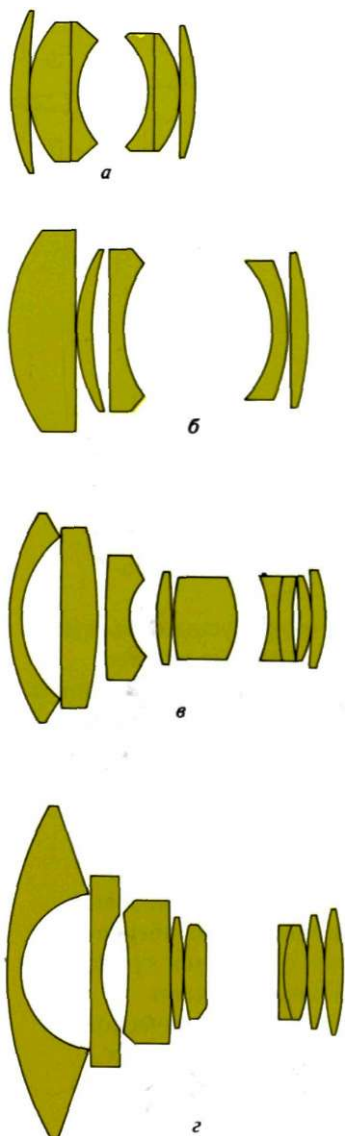


Рис. 72.
 а — поперечный разрез оптических компонентов типичного объектива со «стандартным» фокусным расстоянием; б — поперечный разрез истинного телеобъектива с фокусным расстоянием 200 мм, предназначенного для однообъективных зеркальных камер; в — поперечный разрез широкоугольного объектива с фокусным расстоянием 24 мм, построенного по схеме «обратного фокуса»; г — поперечный разрез объектива «рыбий глаз» с фокусным расстоянием 15 мм.

длинным фокусным расстоянием портрет того же самого размера (голова и плечи) может быть получен при фотографировании с большего расстояния, а следовательно, и с меньшим углом перспективы, что обеспечит более естественную, «правдивую» передачу лица. Поэтому портретная съемка делается часто объективами с фокусным расстоянием, удвоенным по сравнению с нормальным, например достигающим 100 мм при съемке на полный кадр 35-мм пленки.

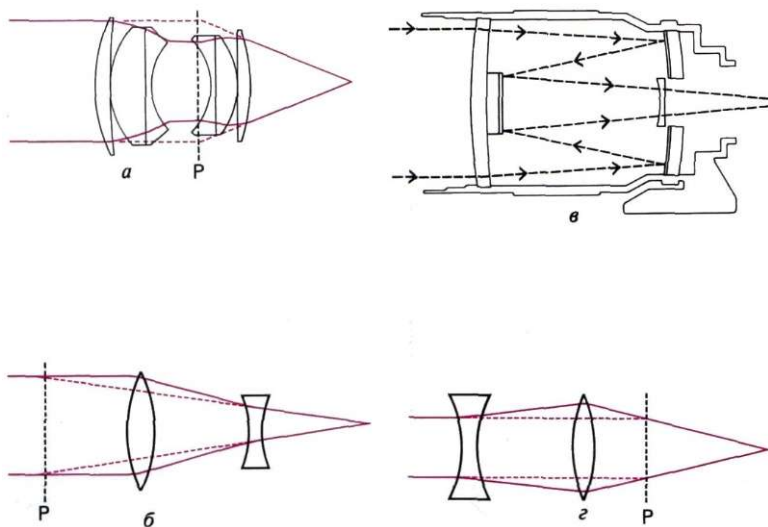
В зависимости от оптической схемы объективы с фокусным расстоянием больше нормального подразделяются на обычные длиннофокусные объективы и истинные телеобъективы¹. Принципиальное различие между ними касается положения главной плоскости преломления. Лучи света, входящие в объектив, преломляются так, что на выходе образуют сходящийся пучок, который формирует изображение объекта. В сложных, т. е. состоящих из нескольких элементов, объектах изменение хода лучей происходит в несколько этапов. Если построить диаграмму хода входящего и соответствующего ему выходящего луча как продолжения их первоначальных направлений, то можно найти точку, где продолжения лучей пересекутся. Прямая, проведенная через точку пересечения перпендикулярно оптической оси объектива, называется *главной плоскостью преломления объектива*. Когда расстояние от объектива до объекта велико, входящие лучи можно считать параллельными друг другу, и изображение от главной плоскости преломления образуется на расстоянии, равном фокусному расстоянию объектива. Если объектив имеет обычную оптическую схему, главная плоскость находится внутри него между линзами. Поэтому объективы с фокусным расстоянием, намного превосходящим нормальное, имеют большие размеры. Камера, на которой укреплен такой объектив, выглядит громоздкой, и ее трудно сбалансировать при съемке с рук.

Объективы, построенные по схеме истинного телеобъектива, состоят из двух отдельных групп оптических элементов. Передняя группа, ближайшая к объекту съемки, является собирающей и образует из входящих в объектив лучей сходящийся конус. Схождение лучей частично ослабляется задней группой линз, которая является рассеивающей. В результате главная плоскость преломления, от которой лучи кажутся сходящимися, оказывается впереди объектива, вне его физической конструкции. Объектив получается значительно короче по размеру, чем величина его фокусного расстояния. Поэтому он менее громоздок, чем объектив обычной конструкции с таким же фокусным расстоянием. Истинные телеобъективы используются совершенно так же, как и длиннофокусные объективы обычной оптической схемы, и в

¹ Оба типа объективов обычно называют телеобъективами или «телевиками». — *Прим. ред.*

Рис. 73.

а —объектив обычной конструкции: главная преломляющая плоскость *Р* лежит внутри объектива. Поэтому объективы обычной конструкции, но с большим фокусным расстоянием имеют внушительные размеры; *б* —объектив, построенный по схеме истинного телеобъектива, состоит из двух отдельных групп оптических элементов (для простоты показан объектив, состоящий из единичных элементов). Группа, ближайшая к объекту съемки, является собирающей, а группа, ближайшая к пленке, —рассеивающей. Главная плоскость преломления при этом находится впереди корпуса объектива, и поэтому объектив имеет меньшие размеры, чем объектив обычной конструкции с таким же фокусным расстоянием; *в* —поперечный разрез зеркально-линзового объектива с фокусным расстоянием 500 мм; *г* —объектив, построенный по оптической схеме «обратного фокуса», состоит из двух групп элементов, из которых ближняя к объекту является рассеивающей, а ближе к пленке —собирающей. Это приводит к тому, что главная плоскость преломления находится позади корпуса объектива. Расстояние между объективом и плоскостью пленки будет больше, чем у объективов обычной конструкции того же фокусного расстояния. Такая схема является необходимой у широкоугольных объективов для однообъективных зеркальных камер, так как дает возможность оставить в корпусе камеры место для размещения и действия зеркала и механизма его подъема.



аналогичных ситуациях оба обеспечивают совершенно идентичные результаты.

Зеркальные объективы —длиннофокусные объективы специальной конструкции, в которой некоторые или все оптические элементы представляют собой зеркала, а не линзы. Оптический путь лучей изменяется зеркалами так, что они направляются в обратную сторону. Из-за этого физическая длина объектива оказывается много короче, чем его фокусное расстояние (рис. 73, *в*), и масса такого объектива заметно меньше массы обычных объективов с таким же фокусным расстоянием.

У зеркальных объективов, не содержащих линзовых элементов, полностью отсутствует хроматическая aberrация, так как изображение образуется за счет отражения лучей, а не их преломления. Однако такие объективы обладают значительной сферической aberrацией из-за сферической формы поверхности зеркал. В современных зеркальных объективах сферическая aberrация зеркал компенсируется введением нескольких обычных линзовых элементов. Объективы подобной конструкции образуют изображение как за счет отражения, так и за счет преломления световых лучей и, строго говоря, должны называться *катадиоптрическими объективами*¹. (Объективы, которые образуют изображение исключительно за счет отражения, называются *катоптрическими*, а образующие изображение только за счет преломления — *диоптрическими*.)

Зеркальные объективы, как правило, имеют фиксированную диафрагму (обычно около 1:8), что значительно ограничивает возможности выбора чувствительности пленки и выдержки. Кроме того, из-за малой глубины

¹ В отечественной литературе объективы с зеркальными и линзовыми элементами называются *зеркально-линзовыми*. — Прим. ред.

резкости, неизбежной для любого длиннофокусного объектива, необходима очень тщательная наводка объектива на резкость, что довольно затруднительно, так как изображение в видоискателе однообъективной зеркальной камеры оказывается слишком темным вследствие небольшой светосилы объектива.

Широкоугольные объективы

Объективы, фокусное расстояние у которых меньше нормального, имеют более широкий угол зрения и позволяют с той же точки съемки включить в кадр большую площадь сюжета, чем это возможно при применении нормального объектива. Если изменить точку съемки и приблизиться к объекту, то в кадр будет включена та же площадь объекта, что и при использовании нормального объектива с более дальнего расстояния, но при этом изменится перспектива: изображения деталей заднего плана будут казаться меньше по сравнению с главным объектом.

Широкоугольные объективы обычной конструкции, в которых главная плоскость преломления лежит внутри объектива между линзами, обычно непригодны для однообъективных зеркальных камер: из-за короткого фокусного расстояния их необходимо размещать очень близко к пленке, что практически невозможно, так как это мешает нормальной работе механизма зеркала. По этой причине выпускаются специальные широкоугольные объективы для однообъективных зеркальных камер, построенные по оптической схеме удлиненного заднего отрезка, или «обратного телеобъектива». Как следует из названия, такой объектив представляет собой перевернутую схему истинного телеобъектива. Он состоит из двух отдельных оптических компонентов, первый из которых является рассеивающим, а второй — собирающим. Главная плоскость преломления выносится таким образом за объектив в сторону пленки, в результате чего между задней линзой и пленкой имеется достаточно большой промежуток даже для очень коротких фокусных расстояний по сравнению с объективами обычной конструкции.

При съемке широкоугольными объективами, имеющими фокусное расстояние 17 мм и меньше и рассчитанными на полный кадр 35-мм пленки, иногда наблюдаются характерные искажения — искривление прямых линий в ту или иную сторону, особенно заметные на краях кадра. Подобное искажение является не следствием дефекта собственно объектива, а просто непривычным восприятием особенно широкоугольной перспективы. Все объективы с фокусным расстоянием больше некоторого предела (примерно 17 мм для полного кадра 35-мм пленки) регистрируют объект без искажений. Но из-за очень широкого угла зрения, совершенно несвойственного человеческому глазу при обычном рассматривании, эта неискаженная, по сути дела, перспектива кажется нам неправильной. Особенно широкоугольные объективы, имеющие фокусное расстояние 17 мм и меньше и

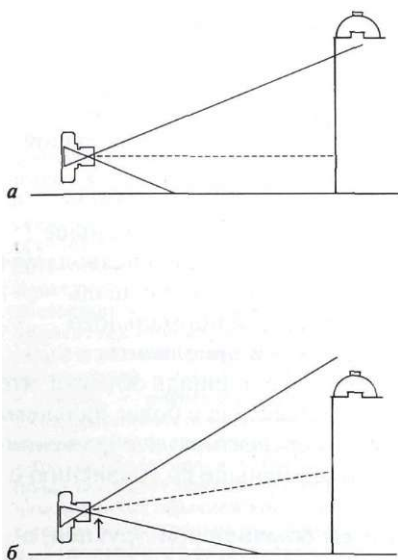


Рис. 74.

а — чтобы исключить схождение вертикальных линий при фотографировании высоких зданий, плоскость пленки должна оставаться вертикальной. Однако при этом самая верхняя часть здания может не попасть в кадр; *б* — используя объективы с контролем перспективы, плоскость пленки можно сохранить вертикальной и одновременно добиться, чтобы верхняя часть здания была включена в кадр.



Фото 23.

Слева — фотосъемка производилась обычным объективом; *справа* — фотосъемка производилась объективом с контролем перспективы.

рассчитанные на съемку полного кадра 35-мм пленки, начинают вносить настоящие искажения в изображение, которые в оптике называются *дисторсией*. Этот вид аберрации сильнее всего проявляется на краях кадра и выражается в искривлении прямых линий в ту или другую сторону. При самых коротких фокусных расстояниях искажение становится настолько большим, что образуется не прямоугольное, а круговое поле изображения, которое даже не перекрывает полностью площадь кадра. Такие объективы имеют специальное название — «рыбий глаз». Объективы типа «рыбий глаз» используются в научной фотографии, например в метеорологии для съемок на одном кадре всего небосвода сразу. В общей фотографии их применение ограничено сюжетами, в которых полное искажение изображения является оправданным творческим замыслом фотографа.

В последние годы в продаже появились специальные широкоугольные объективы, позволяющие управлять перспективой изображения. Они получили название *объективов с контролем перспективы*. Такие объективы применяются главным образом при архитектурных съемках для исправления «падающих вертикалей», т. е. схождения вертикальных линий при наклоне камеры, когда в кадр пытаются «запихнуть» верхнюю часть высокого здания. Такое схождение вертикальных линий неизбежно, если плоскость пленки отклоняется от вертикали. Параллельные линии здания превращаются в сходящиеся, и все здание кажется «падающим». То же самое происходит и при визуальном рассматривании высокого здания, однако наш мозг «корректирует» восприятие изображения, образованного глазом, и поэтому мы видим правильный «облик» здания. При съемке воспроизведение вертикальных линий здания как параллельных возможно только в том случае, когда плоскость задней стенки камеры, а следовательно, и пленки параллельна вертикалям здания. Попытка сохранить вертикальность камеры путем съемки обычным широкоугольным объективом может привести к тому, что верхушка здания в кадр не попадает, и здание получается «обрезанным». Объектив с контролем перспективы имеет специальный механизм, позволяющий сместить оптические элементы с нормальной оптической оси совершенно так же, как это делается при подъеме передней доски павильонных камер, и таким образом позволяет включить в кадр те детали, которые до этого находились за его пределами, сохранив при этом вертикальное положение плоскости пленки и тем самым устранив схождение вертикалей. Объективы с контролем перспективы удобны при фотографировании любых предметов, параллельные стороны которых нужно сохранить параллельными, даже если эти предметы рассматриваются под таким углом, который при нормальном фотографировании вызывает схождение этих линий. Для таких работ объектив должен обеспечивать смещение оптических элементов в любом направлении в пределах полных 360°.



Фото 24.

Слева — фотосъемка с помощью нормального объектива: удалось передать объемность книги, но при этом исказилась форма обложки; справа — фотосъемка с помощью объектива, позволяющего регулировать перспективу: удалось не только передать объемность книги, но и сохранить форму обложки.

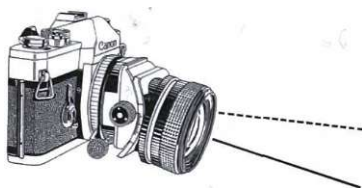


Рис. 75.

Изменяя положение объектива, для которого допускают наклоны и поперечное перемещение вдоль оптической оси, можно добиться кажущегося возрастания глубины резкости.

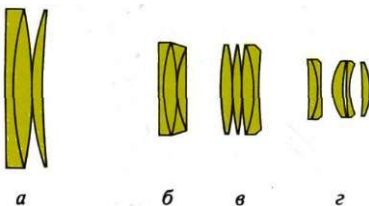


Рис. 76.

Поперечный разрез объектива с переменным фокусным расстоянием («зум-объектив»), состоящего из четырех групп линз, *а* — передняя группа, с помощью которой осуществляется фокусировка; *б* — вариатор, с помощью которого изменяется фокусное расстояние всей оптической системы; *в* — компенсатор, с помощью которого компенсируется расфокусировка, вызванная перемещением линз вариатора; *г* — неподвижная группа линз.

Объективы со смещением и наклоном («тилт-шифт» оптика) дополнительно к смещению оптических элементов для коррекции вертикалей допускают наклон оптических осей относительно плоскости пленки. Наклон объектива для значительного увеличения глубины резкости практически возможен лишь при съемке объектов, которые имеют глубину только в одном направлении от камеры; при этом кажущееся возрастание глубины резкости обеспечивается наклоном объектива до такого положения, пока он не совпадет с плоскостью объекта.

Механизмы регулировки контроля перспективы путем смещения и наклона имеют калибровочные шкалы, позволяющие оценить и запомнить величину соответствующих изменений (подвижек). Когда все шкалы установлены «на ноль», объектив работает аналогично обычному широкоугольному объективу с таким же фокусным расстоянием.

Объективы с переменным фокусным расстоянием

Широкое использование объективов с переменным фокусным расстоянием, или «зум»-объективов, для обычных фотографических аппаратов началось сравнительно недавно. Зум-объектив представляет собой комбинацию собирающих и рассеивающих групп линз, рассчитанных таким образом, что при смещении некоторых групп вдоль оптической оси фокусное расстояние, а следовательно, и угол зрения непрерывно изменяются в определенных пределах. При этом фокусировка объектива на определенное расстояние и его эффективная диафрагма должны оставаться постоянными. Отношение максимального значения фокусного расстояния к минимальному, допускаемое этими пределами, называется *кратностью зума*. Кратность зум-объектива для фотокамер меньше, чем зум-объектива для киноаппаратов, и обычно составляет 3:1.

Типичный зум-объектив состоит по крайней мере из четырех отдельных групп линз, причем общее число оптических элементов колеблется от 10 до 15. Такое значительное число линз требует эффективного просветления всех поверхностей *стекло—воздух* для обеспечения высокого светопропускания и устранения бликов.

Первая, ближайшая к объекту съемки группа оптических элементов объектива служит для наводки на резкость, и ее перемещение вдоль оптической оси не влияет на величину фокусного расстояния; этой группой линз управляют с помощью кольца дистанций объектива. Вторая группа линз, называемая *вариатором*, служит для изменения фокусного расстояния объектива; ею управляют с помощью специального кольца. Третья группа оптических элементов — *компенсатор* служит для компенсации расфокусировки, вызванной передвижением вариатора. Последняя, четвертая группа линз, положение которой строго фиксированно, служит для собирания световых лучей в конус, формирующий изображение.

Зум-объективы с относительно небольшим фокусным расстоянием, например меньше чем 40 мм для 35-мм камер с полным кадром, часто состоят всего из двух групп оптических элементов. Передняя группа служит для наведения на фокус и изменения фокусного расстояния, а задняя выполняет функцию компенсатора и основного блока, образующего изображение. Такая оптическая система имеет определенные преимущества, связанные с улучшенной коррекцией аберраций, что делает ее особенно удобной для использования в широкоугольных зум-объективах; недостатком являются небольшой предел изменения фокусных расстояний (не более чем 2:1) и некоторое изменение эффективной величины диафрагмы при изменении фокусного расстояния.

Первые зум-объективы для фотокамер имели низкую разрешающую силу и недостаточную коррекцию аберраций. Поэтому они значительно уступали по качеству оптического изображения объективам с постоянным фокусным расстоянием. Это обстоятельство привело к тому, что многие фотографы с предубеждением относятся к оптике с переменным фокусным расстоянием и не спешат включать ее в состав своего фотооборудования. Вместе с тем современные зум-объективы могут использоваться практически для всех видов съемок, и во многих случаях по окончательному изображению невозможно определить, сделан ли снимок объективом с переменным или постоянным фокусным расстоянием¹. Поэтому решение вопроса о целесообразности включения зум-объективов в рабочее снаряжение фотографа должно зависеть только от характера выполняемой им работы.

Многие зум-объективы имеют специальное положение «макро», в котором они фокусируются на очень близко расположенные предметы, обеспечивая иногда возможность съемки в половину натуральной величины (масштаб 1:2). Эта возможность реализуется путем небольшого дополнительного выдвижения одной или нескольких групп линз, перемещающихся внутри объектива. Часто качество оптического изображения при съемке зум-объективом в положении «макро» заметно хуже того, которое можно получить при фотографировании обычным объективом с постоянным фокусным расстоянием при использовании насадочных линз или удлинительных колец.

Макро-объективы

Объективы для общей фотографии рассчитываются таким образом, что при съемке объектов, расположенных от объектива на расстоянии, во много раз превышающем расстояние от объектива до пленки, получают изображение превосходного качества по всему полю кадра. Если, однако, такой объектив использовать для фотографирования

¹ Тем не менее в тех случаях, когда требуются большие увеличения негативов или высокая разрешающая способность, предпочтение следует отдать объективам с постоянным фокусным расстоянием.

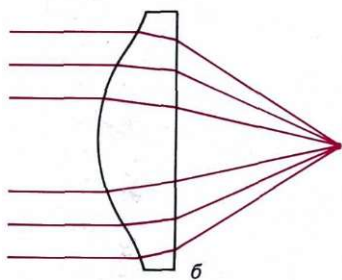
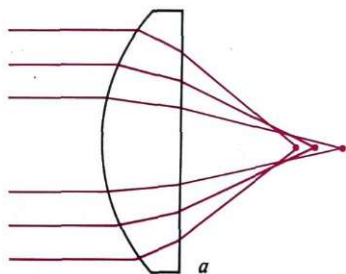


Рис. 77.

а — световые лучи, проходящие через сферическую поверхность обычной линзы на разных расстояниях от ее оптической оси, пересекают эту ось в разных точках. Этот недостаток обычных линз называется *сферической аберрацией*, *б* — сферическую аберрацию можно устранить, если поверхность линзы сделать «асферической», т. е. несферической. Объективы особенно большой светосилы (1:1,4 и больше) часто содержат один элемент с асферической формой поверхности, который исправляет сферическую аберрацию, вызываемую другими оптическими элементами объектива.

маленьких объектов, когда требуется применение специальных дополнительных приспособлений (например, удлинительных колец), предназначенных для съемки крупным планом и позволяющих сфокусировать объектив на близко расположенный объект (ближе, чем позволяет механизм фокусировки самого объектива), то качество снимка заметно ухудшается. По этой причине многие фирмы включают в перечень своей продукции специальные макро-объективы с оптимальной оптической коррекцией для малых расстояний до предмета, включая съемку самым крупным планом. Обычно диапазон фокусировки таких объективов много больше, чем объективов общего назначения с тем же фокусным расстоянием. Как правило, при работе с такими макро-объективами возможна плавная и непрерывная их фокусировка от бесконечности до расстояний, при которых объект может быть снят на пленку в половину своей натуральной величины.

Асферическая и флюоритовая оптика

В большинстве фотографических объективов поверхности всех оптических элементов имеют сферическую форму, т. е. представляют собой участки сфер различного радиуса. Изготовление таких поверхностей не вызывает каких-либо затруднений и может быть осуществлено с помощью высокопроизводительного автоматизированного оборудования. Однако сама сферическая поверхность имеет один существенный недостаток — сферическую аберрацию, которую для очень светосильных (со светосилой больше 1:1,4) объективов большого диаметра практически нельзя скорректировать обычными методами. В таких случаях устранение или максимальное уменьшение аберрации достигается путем включения в оптическую систему объектива элементов с асферической поверхностью. Точную форму асферической поверхности можно рассчитать только с помощью компьютера, исходя из соображений максимального или даже полного устранения сферической аберрации, вносимой сферическими элементами объектива. Производство асферических линз очень сложно, требует чрезвычайно высокой точности и ручного труда и плохо поддается автоматизации. Поэтому асферические объективы значительно дороже обычных и используются главным образом при необходимости получить технически совершенное изображение в условиях слабого освещения или при съемке с самым большим отверстием диафрагмы при сохранении максимальной резкости снимка. Типичным примером такой съемки является репортажная и спортивная фотография.

Одним из существенных дефектов объективов является хроматическая аберрация, в результате которой лучи различного цвета пересекают главную оптическую ось в различных точках. Основную проблему, особенно при конструировании объективов с относительно длинным фокусным расстоянием, представляет эта остаточная аберрация, называемая вторичным спектром, так как ее

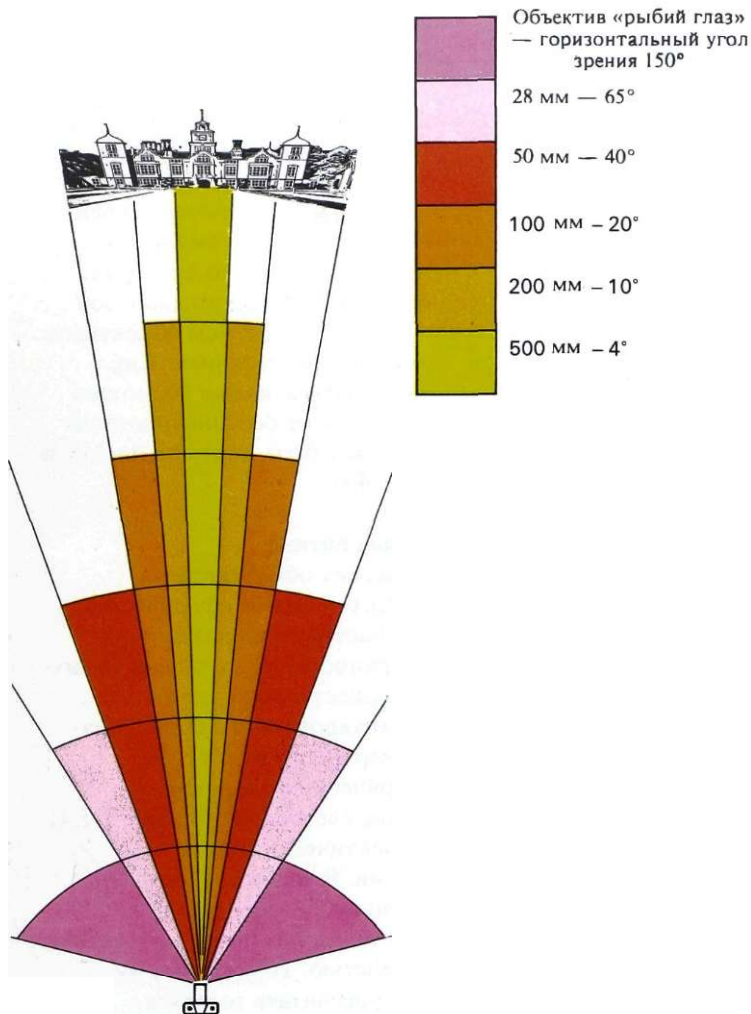
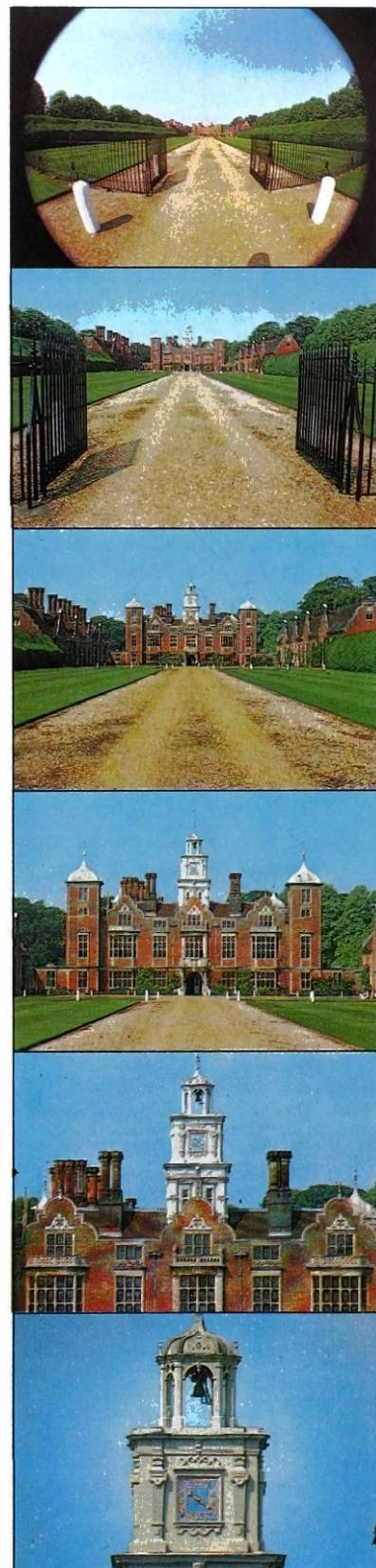


Фото 25.

Соотношение между фокусным расстоянием съемочного объектива и размером кадра определяет угол зрения камеры и, следовательно, число объектов, которые будут изображены на снимке. Все фотографии Бликлинг-Холла (Северный Норфолк) сделаны с одной и той же точки съемки 35-мм камерой с полным размером кадра (24X36 мм) с использованием различных объективов, начиная от очень широкоугольного типа «рыбий глаз» и кончая очень длиннофокусным телеобъективом. В результате менялось число деталей, которые попадали в кадр; перспектива и взаимное расположение ближних и дальних объектов оставались неизменными. Все кадры, за исключением кадра, снятого объективом «рыбий глаз», можно рассматривать как последовательные увеличения первого. (С разрешения National Trust.)



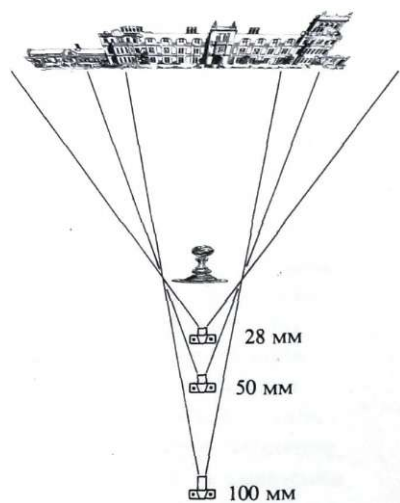


Фото 26.

Изменяя фокусное расстояние объектива и точку съемки, можно влиять на относительные размеры предметов на переднем и заднем плане снимка. *Вверху* — Сомерлейтон-Холл (графство Саффолк). Фотосъемка производилась 35-мм однообъективной зеркальной камерой с размером кадра 24 X 36 мм при использовании широкоугольного 28-мм объектива. При этом в видоискателе была отмечена площадь, занимаемая статуей. *В центре* — съемка производилась нормальным объективом с фокусным расстоянием 50 мм. Для того чтобы сохранить прежние размеры изображения статуи на снимке, пришлось увеличить расстояние между камерой и объектом съемки. *Внизу* — съемка производилась 100-мм объективом при еще большем удалении камеры от объекта съемки, чтобы сохранить размеры изображения статуи. Сравнивая фотографии, полученные съемкой широкоугольным и 100-мм объективами, можно заметить, что в первом случае расстояние между статуей и зданием как бы увеличивается, а во втором оно как бы сокращается и кажется, что статуя находится всего в нескольких шагах от входа. (С разрешения лорда Сомерлейтона.)

величина пропорциональна фокусному расстоянию объектива. Оказывается, что остаточную aberrацию можно значительно уменьшить, если в конструкции использовать один или несколько элементов, сделанных из прозрачного материала с особыми свойствами, например из фтористого кальция, а не из оптического стекла. Фтористый кальций обладает очень низкой дисперсией и достаточной механической прочностью, что позволяет из его искусственно выращенных кристаллов получать необходимые оптические элементы на стандартном оборудовании, предназначенном для полирования оптических линз. Объективы, содержащие один или несколько элементов из фтористого кальция, называются флюоритовыми¹. Они, как правило, обладают практически полной коррекцией хроматической aberrации. Так как кристаллы фтористого кальция не так прочны, как стекло, из этого материала делаются только внутренние линзы таких объективов, поверхности которых обычно недоступны для протирания или другого воздействия, которому их может подвергнуть неопытный фотограф. Передние и задние линзы делаются из обычного оптического стекла.

¹ Принятое в оптическом приборостроении название кристаллов фтористого кальция. — *Прим. ред.*

Перемещение камеры и объекта съемки

Помимо неточной фокусировки съемочного объектива наиболее частой причиной нерезкого изображения на пленке является смещение оптического изображения относительно пленки в момент экспонирования. Теоретически реализация максимально возможного разрешения оптической системы камеры совместно с пленкой исключает наличие какого-либо смещения изображения. Однако в действительности смещение изображения почти неизбежно. При незначительном смещении наблюдается некоторая потеря разрешения мелких деталей и результирующая потеря резкости практически незаметна. В тех случаях, когда смещение оптического изображения значительно, изображение объекта на пленке оказывается смазанным в направлении смещения. Допустимая степень смазанности изображения на снимке зависит от масштаба увеличения негатива или слайда, расстояния, с которого рассматривается увеличенное окончательное изображение, природы объекта съемки и целей фотографирования. Так, при документальной фотосъемке, требующей тщательной проработки каждой детали, допустимое смещение изображения много меньше, чем при художественной фотосъемке, когда определенная степень нерезкости не только допустима, но иногда даже желательна.

Смещение изображения в момент экспонирования может быть вызвано перемещением либо камеры относительно объекта, либо объекта относительно камеры. Рассмотрим каждую из указанных причин нерезкости изображения более подробно.

Перемещение камеры

Непреднамеренное перемещение камеры относительно объекта съемки, называемое дрожанием камеры, является обычно результатом неправильного и/или недостаточно устойчивого положения аппарата в момент съемки. Влияние дрожания камеры можно свести к минимуму, если производить съемку с малыми выдержками. К сожалению, не существует каких-либо жестких правил, следуя которым можно было бы свести на нет дрожание аппарата при достаточно длительных выдержках: степень устойчивости камеры при съемке с рук зависит не только от физических способностей фотографа, но и от его самочувствия, а также от условий съемки. Более или менее правильно и устойчиво держать камеру можно научиться с помощью специальных упражнений. Тем не менее при съемке с рук 35-мм камерой и нормальным объективом рекомендуется



Фото 27.
Смещение камеры в момент экспозиции приводит к смазыванию всего изображения.



Фото 28.

Двойное изображение при фотосъемке длиннофокусным объективом является следствием вибрации, связанной с подъемом зеркала перед самым открытием затвора.

Рис. 78.

Различные способы держать камеру. Из четырех способов, показанных на верхних снимках, только первые три обеспечивают устойчивое положение камеры, а следовательно, получение резкого изображения. На нижних снимках показано использование дополнительных естественных опор, например забора или стенки. При съемке телеобъективами камеру можно положить на небольшой мешок с крупной либо фасолью или на подушку.

использовать выдержку $1/125$ с или даже менее. В случае применения длиннофокусной оптики скорость затвора следует пропорционально увеличить, поскольку угол зрения длиннофокусного объектива составляет лишь часть угла зрения нормального объектива, и, следовательно, для первого доля угла сдвига в полном угле зрения будет больше, т. е. влияние дрожания камеры на резкость будет значительнее.

Устойчивость положения камеры в момент экспонирования зависит от способа, которым держат камеру и нажимают спусковую кнопку. Положение рук фотографа на корпусе камеры до некоторой степени задается формой корпуса аппарата и размещением управляющих кнопок и рычажков. Фотограф должен провести ряд опытов, чтобы найти положение, при котором держать камеру наиболее удобно, когда камера наилучшим образом сбалансирована в руках и позволяет при этом достаточно просто оперировать всеми необходимыми органами управления. На практике, однако, выбор точки съемки часто приводит к очень неудобной позиции фотографа. При этом нужно попробовать найти другое, более удобное положение, которое обеспечивало бы ту же самую точку съемки. Когда съемка осуществляется с очень низкой точки, лучше всего сесть на какой-либо подходящий предмет. Многие фотографы используют для этой цели прочные футляры, предназначенные для переноски фотоаппаратуры и



оптики. Чтобы придать корпусу еще большую устойчивость, удобно также встать на колени. Оба эти положения значительно предпочтительнее, чем приседание на корточки, в котором довольно трудно сохранить устойчивую позу.

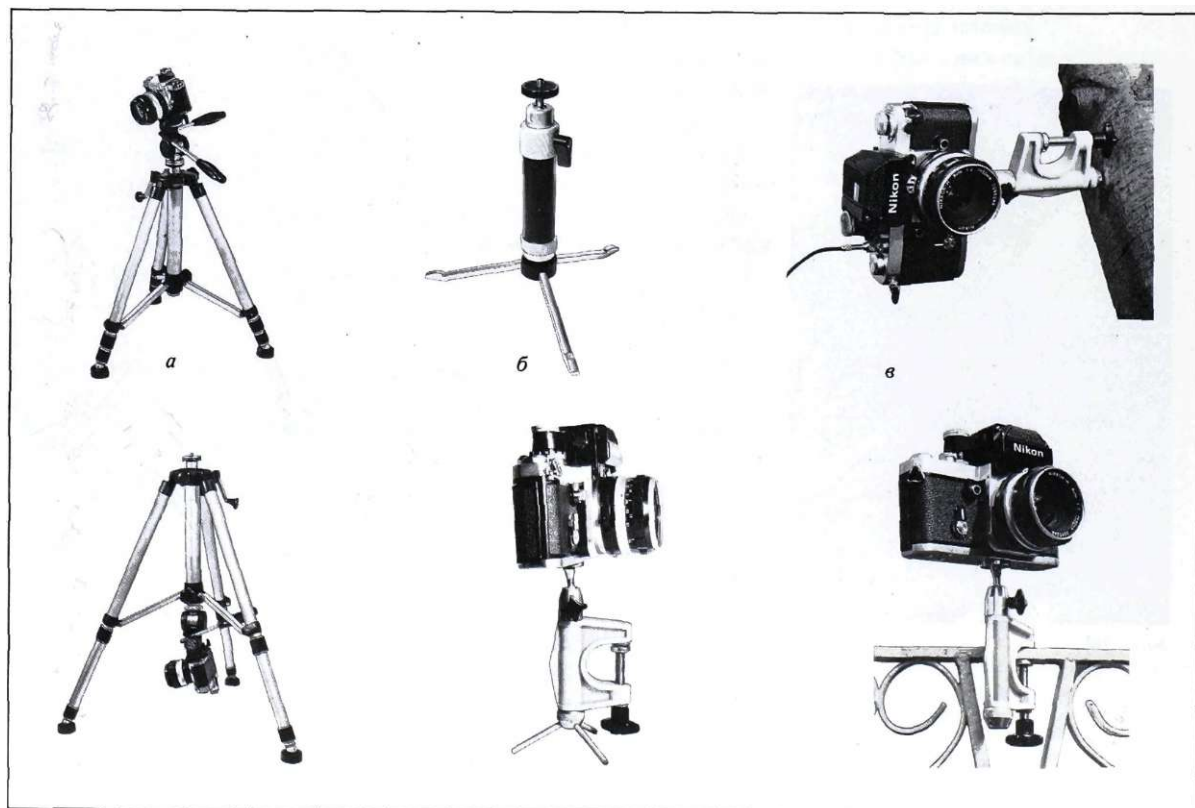
Когда наступает момент съемки, спусковую кнопку следует нажимать очень плавно и мягко, без всякого толчка. Часто оптимальный момент для съемки (например, при фотографировании детей или животных) длится недолго. В таких случаях следует заранее частично нажать спусковую кнопку и ждать, пока не наступит идеальный момент для съемки. Это позволяет осуществить спуск затвора именно в нужную долю секунды. Чтобы выработать соответствующий навык и почувствовать, насколько сильно можно нажимать на кнопку без срабатывания затвора, необходимо потренироваться с незаряженной пленкой камерой.

Если съемка осуществляется с достаточно большими выдержками, то камеру надо жестко закрепить, например на штативе. Штатив должен быть жестким, прочным и устойчивым. В большинстве случаев жесткость штатива гораздо важнее его максимальной высоты, и при любых сомнениях прочность и жесткость конструкции следует предпочесть ее высоте.

Чтобы максимально использовать штатив, особенно при установке головки выдержки в положение В или на одну из

Рис. 79.

Различные типы штативов, *а* — треноги с вращающейся центральной штангой позволяют закреплять камеру между ножками как можно ближе к земле при съемке таких объектов, как, например, цветы. Ножки имеют по два выдвижных колена и обеспечивают максимальную высоту штатива около 2,25 м; *б* — портативная «настоенная» тренога для съемок с близкого расстояния; *в* — многосторонний переносной штатив, который можно использовать как небольшую треногу, либо как «штопор», ввинчивая его в подходящую деревянную поверхность вроде пня, либо как струбцину, которую закрепляют на каком-либо прочном упоре, например ограде.



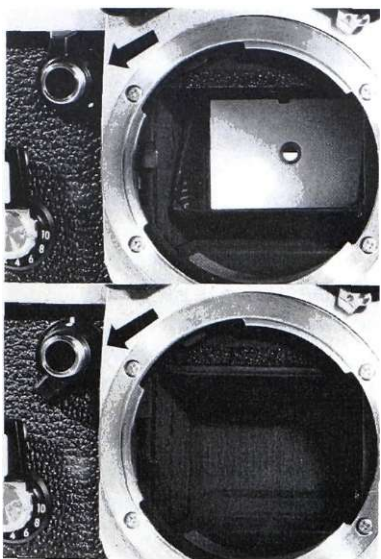


Рис. 80.
Камера, у которой зеркало может быть закреплено в верхнем положении.



Фото 29.
Фотосъемка производилась однообъективной 35-мм зеркальной камерой и объективом 135 мм. Чтобы полностью остановить движение объекта, оказалась достаточной скорость затвора 1/1000 с.

наиболее медленных скоростей затвора, не следует спускать затвор обычным образом, т. е. нажимать спусковую кнопку. Это почти всегда приводит к сдвигу камеры и в результате к нерезкому изображению. Для предотвращения любого нежелательного смещения камеры надо пользоваться гибким спусковым тросиком. Чтобы тросик обладал достаточной гибкостью, его длина должна быть более 20 см.

Если сюжет съемки настолько статичен, что точный момент спуска затвора не играет никакой роли, вместо спускового тросика можно воспользоваться механизмом автоспуска камеры. Любое сотрясение в момент запуска автоспуска успевает полностью прекратиться до момента действительного срабатывания затвора.

Одной из причин нерезкости изображения могут быть вибрации камеры, вызванные работой ее внутренних механизмов. Детали центральных межлинзовых затворов настолько легкие, что вибрация, которую они вызывают, практически незаметна. Движущиеся детали шторных затворов, особенно у однообъективных зеркальных камер, существенно тяжелее и передвигаются за цикл работы на значительно большие расстояния. Поэтому вероятность вибраций, передаваемых корпусу аппарата, заметно возрастает; кроме того, когда зеркало поднимается вверх перед самым экспонированием, происходит заметный толчок. Большинство однообъективных зеркальных камер снабжено специальным демпфирующим механизмом, который поглощает значительную долю механических ударов, вызываемых срабатыванием затвора и зеркала. Остальные вибрации обычно становятся ощутимыми при съемке телеобъективами, особенно с предельно большого расстояния, а также при фотографировании объекта почти в натуральном масштабе или с увеличением (как, например, при крупноплановой съемке или фотомикрографии, когда действие любой вибрации также увеличивается многократно). У многих однообъективных зеркальных камер зеркало может быть закреплено в верхнем положении до срабатывания затвора; эта операция делается вручную с помощью специального рычага или кнопки, и таким образом устраняется потенциальная опасность сотрясения, вызванного «хлопком» зеркала. Очевидно, что это возможно только при съемке статичных объектов, причем камера должна быть каким-то образом жестко закреплена, так как видоискатель «слепнет» после подъема зеркала.

Эффективность демпфирующего механизма, поглощающего толчки от срабатывания зеркала и затвора, различна для разных моделей аппаратов даже одной фирмы и, естественно, более высока в камерах высокого класса. Это обстоятельство следует иметь в виду при выборе и покупке фотографического аппарата, в особенности если предполагаются съемки длиннофокусными телеобъективами, а также съемки, связанные с большими масштабами увеличения, в том числе фотомикросъемки.



Фото 30.

В момент фотосъемки камера перемещалась вслед за мальчиком так, чтобы он оставался «неподвижным» в видоискателе. В результате мальчик и санки получились резкими, а фон смазанным, что позволило передать на снимке ощущение движения. Время экспонирования составляло 1/125 с.



Фото 31.

При фотосъемке камера перемещалась в направлении движения головы мальчика, скатывающегося с горки; время экспонирования составляло всего лишь 1/8 с. Смазанное изображение отдельных деталей снимка создает ощущение скорости движения и динамичности сюжета.

Перемещение объекта съемки

Перемещение объекта съемки относительно камеры, так же как и перемещение камеры, приводит к смещению изображения на поверхности пленки, что является потенциальной причиной потери резкости изображения. Степень нерезкости зависит от используемой скорости затвора и скорости смещения изображения на пленке. Однако, в то время как нерезкость изображения вследствие дрожания камеры почти всегда нежелательна, этого нельзя сказать о нерезкости, связанной с перемещением объекта. Во многих случаях контролируемая степень смазанности является необходимой, особенно если требуется передать ощущение движения.

Фотосъемку объектов, которые должны быть переданы настолько резко, насколько это возможно, необходимо производить с самыми малыми выдержками, которые допустимы в данных обстоятельствах, учитывая при этом, что такие выдержки требуют больших значений диафрагмы, что в свою очередь приводит к уменьшению глубины резкости. Однако во многих случаях уменьшение глубины резкости нежелательно. Так, например, съемка крупным планом качающихся на ветру цветов требует использования самых малых выдержек, чтобы «заморозить» движение цветов, и в то же время при такой съемке необходима маленькая диафрагма для обеспечения удовлетворительной глубины резкости. Для многих съемок существует лишь одна возможность примирить взаимопротиворечивые требования большой глубины резкости и замораживания движения. Это применение пленки наивысшей чувствительности даже с учетом снижения качества изображения в связи с повышенной зернистостью более чувствительных пленок.

Действительная скорость затвора, необходимая для «остановки» движения объекта, зависит не только от скорости, но и от направления его перемещения относительно камеры. Если объект движется прямо на камеру или прямо от нее, смещение изображения на пленке будет меньшим, чем при движении объекта поперек поля зрения.

Следует иметь в виду, что чрезмерная резкость изображения часто обедняет снимок, лишая его естественной передачи скорости движения.

Поэтому для получения снимков, в которых общая резкость менее важна, чем передача движения, при фотосъемке следует использовать более медленные скорости затвора. Существует два способа передачи движения объекта, причем в одном из них камера остается совершенно неподвижной, а в другом перемещается («ведется») в направлении движения объекта. В первом случае резким получается фон, а движущийся объект — смазанным. Такой способ съемки имеет очень ограниченное применение и пригоден, например, для передачи движения грохочущего грузовика по обычно тихой центральной деревенской улице. Во втором случае объект передается достаточно резко на фоне совершенно размытого заднего плана, при этом большинство деталей



Фото 32.

Степень передачи ощущения движения на снимке зависит от скорости затвора, а также от того, подвижна или неподвижна камера во время съемки. *Вверху* — фотосъемка производилась «проводкой» камеры за мотоциклистом. В результате смазанным получился не только фон, но и руки, шлем мотоциклиста, крылья и другие части мотоцикла, что очень хорошо передает ощущение большой скорости.

Canon FTb, объектив 100 мм, 1/30 с, 1:16, Kodachrome 64.

Внизу — движение «заморозилось» настолько, что даже спицы колес переданы резко. Однако, несмотря на то что оба колеса оторваны от земли, изображение не вызывает ощущения движения. *Canon FTb, объектив 100 мм, 1/500 с, 1:4, Ektachrome 64.*



Фото 33.

На фотосъемку подобных сюжетов отводятся лишь доли секунды; фотограф едва успевает нажать спусковую кнопку. Чтобы получить этот драматический снимок, фотограф заранее подготовил все необходимое для мгновенной съемки — расположился в соответствующем месте, сфокусировал объектив и установил нужную экспозицию. Камера *Practika LTL*, объектив *135 мм, 1/250 с, 1:8, Agfa CT18*.

объекта ясно различимы, а смазанный фон хорошо подчеркивает скорость движения и позволяет сконцентрировать внимание зрителя на основном объекте. Способ «слежения» за объектом, или проводка, оказывается эффективным при фотографировании объектов, движение которых достаточно прямолинейно и может быть предугадано по направлению (таких, как автомобили, велосипеды, бегуны и т. д.). За объектом наблюдают через видоискатель, и в момент его достаточного приближения к камере последнюю начинают плавно «вести» в направлении перемещения объекта; при этом необходимо, чтобы объект располагался в одном и том же месте кадра. Полезно заблаговременно мысленно отметить точку пути объекта, в которой будет произведена съемка, и заранее сфокусировать на эту точку. Подобный прием особенно полезен, когда объект движется относительно камеры под углом, а условия освещения требуют применения больших диафрагм.

При съемке некоторых движущихся объектов часто используются относительно большие выдержки, чтобы подчеркнуть движение отдельных его частей. Если камера, например, «ведется» за бегуном или мотоциклистом (фото 32), то изображения его головы и тела будут меньше сдвинуты относительно пленки, чем руки или ноги. Приведенный в начале книги снимок скачек также является примером съемки способом проводки камеры за объектом, при этом выдержка составляла $1/8$ с.

Возможности пленки

Сложная физико-химическая структура современных фотопленок, в особенности цветных, — результат многочисленных и интенсивных исследований, проведенных не одним поколением ученых и инженеров с целью получения совершенных фотоматериалов. Однако, несмотря на достигнутую высокую степень совершенства, существующие фотопленки нельзя считать идеальными, поскольку их возможности ограничены. Поэтому, чтобы получить на имеющейся пленке наилучшие результаты, фотограф должен не только знать возможности последней, но и иметь представление о том, от чего зависят ее основные характеристики, такие, как разрешающая способность, контрастность (диапазон яркостей) и цветопередача.

Разрешающая способность

Способность любой обычной фотопленки, цветной или черно-белой, передавать раздельно изображения мелких соседних деталей объекта съемки называется ее *разрешающей способностью*. Данная характеристика пленки зависит от размеров микрокристаллов, или «зерен», галогенидов серебра, которые являются основной составной частью светочувствительного слоя фотоматериала. Поскольку размеры «зерен» в какой-то степени определяют и светочувствительность пленки, разрешающая способность высокочувствительных пленок оказывается меньше, чем у низкочувствительных.

Зернистость присуща всякому фотографическому изображению, полученному на галогеносеребряном фотоматериале. Повышенная зернистость ухудшает качество изображения и снижает его эстетическое восприятие. Однако иногда зернистость изображения используется для получения определенного художественного эффекта. Степень проявления зернистой структуры на фотографии зависит от увеличения при печати и от расстояния, с которого рассматривается изображение. Фотографии, сделанные на низкочувствительной пленке, обычно допускают большее увеличение (до тех пор, пока зерна не станут видимыми). Поэтому в тех случаях, когда зернистости изображения не отводится какая-то специальная роль, съемку следует производить на низкочувствительную пленку, не забывая при этом о соответствующем освещении, правильной экспозиции, глубине резкости, а также о «замораживании» движущихся объектов.

Фото 34.

Вверху — фотосъемка производилась на высокочувствительную цветную пленку при имеющемся сценическом освещении. На снимке зафиксирован момент, когда все действующие лица были относительно неподвижны.

Подобные моменты обычно возникают в конце сцены или акта и длятся недолго, поэтому к ним надо быть постоянно готовым.

Внизу — 24-кратное увеличение участка, обведенного светлым прямоугольником на предыдущем снимке, напоминает картины французских импрессионистов; на снимке отчетливо видна крупнозернистая структура высокочувствительной цветной пленки. Фотосъемка производилась однообъективной зеркальной камерой, которая располагалась на штативе перед диапроектором. Объектив камеры был снят, и изображение слайда проецировалось непосредственно в аппарат. Фокусировка изображения производилась через видоискатель камеры. Положение камеры при этом выбиралось так, что изображение включало только нужный участок снимка.

Экспозиция определялась по показаниям экспонометра TTL при рабочей диафрагме.

Съемка производилась на пленку для дневного света со светофильтром Wratten 80A, обеспечивающим цветовой баланс источника света с цветовой температурой 3200 К до дневного света. *Сопон FTb, карусельный проектор с 85-мм объективом, 1/500 с, фильтр 80A, Agfa CT18.*

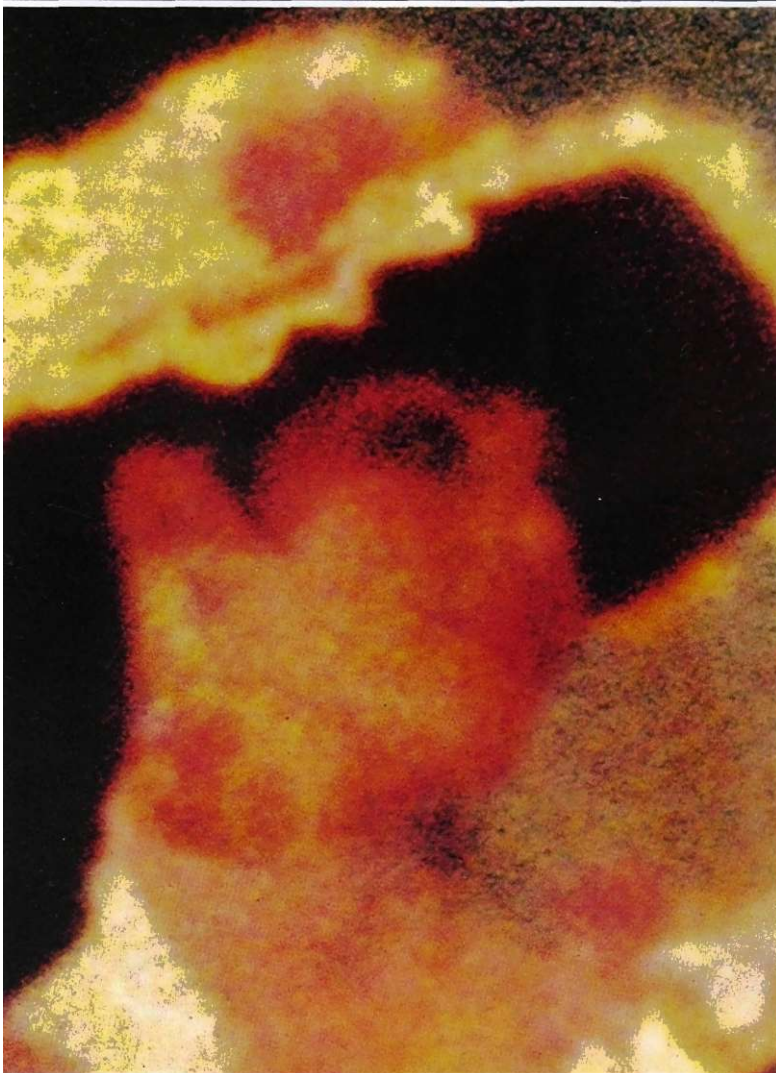
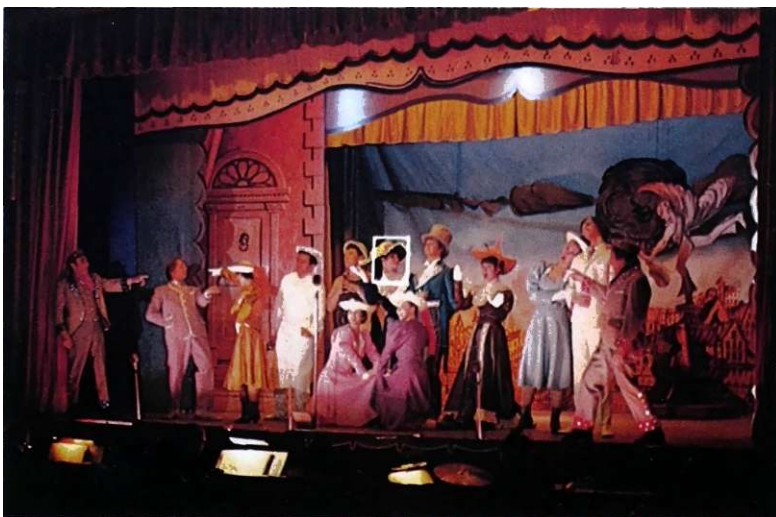


Фото 35.

Все детали здания от крыши до балкона в затененной части легко различимы для человеческого глаза. Однако на пленке, экспонированной так, чтобы передать детали в наиболее освещенных местах, эти подробности полностью потеряны, поскольку пленка не может передать всего диапазона яркостей объекта.



Контрастность (диапазон яркостей)

У современных цветных обращаемых пленок, предназначенных для изготовления диапозитивов, после их фотографической обработки максимальный диапазон передаваемых яркостей достигает 1000:1. Это означает, что яркость наиболее темного участка изображения не будет превосходить $1/1000$ яркости наиболее светлого участка. Точная величина этого диапазона для конкретной пленки определяется по ее наименьшей (на наиболее светлом участке обычно 0,2) и наибольшей (на затемненном участке пленки обычно между 3,0 и 3,4) оптической плотности¹.

Для типичных цветных обращаемых пленок диапазон экспозиций, при котором обеспечивается максимальный контраст изображения, составляет всего 300:1. Поэтому, если необходимо передать все детали объекта, от самых светлых до самых темных, его интервал яркостей должен лежать в этом диапазоне. Это требование легко выполнить, если фотограф имеет возможность управлять освещенностью объекта съемки. Так, например, при съемках в студии необходимый интервал яркостей объекта съемки может быть обеспечен путем соответствующего расположения источников света.

При фотографировании в условиях яркого солнечного света возможен большой перепад яркостей между ярко освещенными и темными участками сюжета. Если объект съемки сравнительно мал и находится недалеко от камеры, то интервал яркостей можно уменьшить до нужного диапазона, освещая затененные участки. Для этого можно воспользоваться вспышкой или белым отражателем. Если же объект

¹ Оптическая плотность выражается десятичным логарифмом отношения потока излучения, падающего на слой, к потоку излучения, прошедшему через этот слой или отраженному от него.

достаточно велик (ландшафт или здание), то фотограф практически лишен возможности регулировать его интервал яркостей. Поскольку экспозицию обычно выбирают так, чтобы передать существенные детали в области светов, детали в тенях выходят за пределы возможного диапазона яркостей данной пленки и, таким образом, на снимке не воспроизводятся. Если детали в тенях имеют важное значение, то фотографу придется снимать либо при другом распределении теней (т. е. в другое время суток), либо вообще при отсутствии теней (т. е. в пасмурную погоду, хотя в этом случае из-за отсутствия солнца сюжет потеряет свою привлекательность).

К сожалению, на глаз довольно трудно определить, не выходит ли диапазон яркостей объекта за пределы возможностей пленки. Объясняется это тем, что диапазон яркостей, воспринимаемых человеческим глазом, гораздо шире, чем передаваемый фотопленкой. Поэтому детали затененных участков, которые фотограф отчетливо различает в момент съемки, на фотографии могут быть полностью утеряны. Неудивительно, что неопытный фотограф не может оценить интервал яркостей объекта до тех пор, пока не увидит проявленную пленку. Единственное, что он может сделать, — это измерить в момент съемки интервал яркостей с помощью экспонометра. Однако в случае большинства объектов это может оказаться не такой уж простой задачей, если угол охвата экспонометра не настолько узок, что позволяет проводить измерения от непосредственно недоступных участков сюжета.

Контрастность цветных обрабатываемых пленок приобретает особое значение при изготовлении цветных отпечатков непосредственно с диапозитивов, т. е. без использования промежуточных негативов. Дело в том, что обрабатываемая фотобумага не всегда может передать весь диапазон яркостей диапозитива. В результате некоторые светлые (яркие) или темные детали, хорошо различимые на

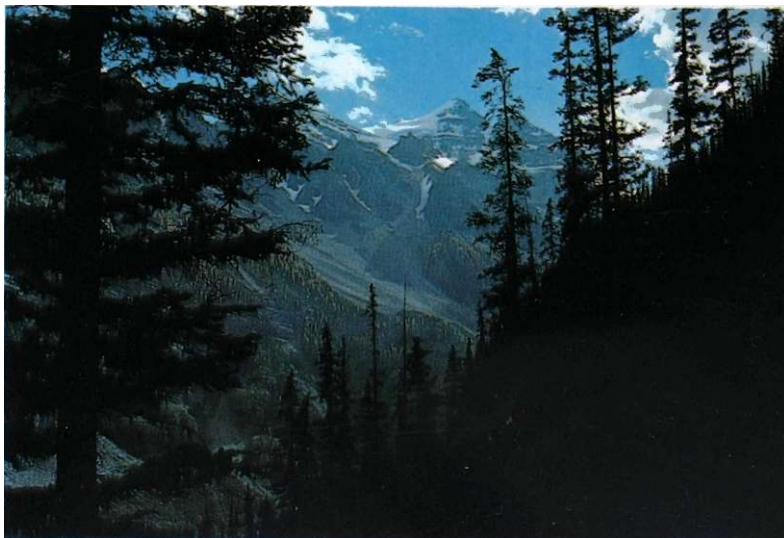


Фото 36.

Чрезмерный контраст — это не всегда плохо. В данном случае экспозиция выбиралась так, чтобы можно было хорошо передать освещенные солнцем горы. Лесные чащобы переданы на снимке как зоны «сплошной черноты» и это придает картине ощущение масштабности.

диапозитиве, могут быть утеряны на отпечатке. В случае отпечатков, сделанных с диапозитива через промежуточный негатив, вероятность потери деталей уменьшается, поскольку негативные материалы «сжимают» диапазон яркостей диапозитива до величины, приемлемой для цветной фотобумаги. Аналогичная ситуация наблюдается при изготовлении цветных отпечатков непосредственно с цветной негативной пленки; пленки также «сжимают» интервал яркостей «среднего» объекта до величины, приемлемой для цветной фотобумаги. В черно-белой фотографии существует гораздо больше возможностей для решения проблем, связанных с контрастностью фотопленок, поскольку фотограф имеет возможность выбрать такой тип фотобумаги, контрастность которой будет соответствовать интервалу плотностей негативов.

В случае обычных фронтально освещенных объектов появление небольших бликов, которые могут возникнуть при съемке объективами с однослойным просветлением, способствует лучшей передаче всего интервала яркостей объекта, поскольку они несколько снижают контраст изображения, проецируемого объективом на пленку. В этой связи интересно отметить, что такое решение проблемы контрастности становится невозможным при использовании современных просветленных объективов с многослойным покрытием, поскольку последние полностью исключают возможность образования бликов.

Цветопередача

Цветовая гамма фотографического изображения определяется окраской объекта съемки, яркостью и цветностью его освещения, а также условиями экспонирования фотоматериала. Цвет естественного дневного освещения зависит от времени суток и атмосферных условий, а цвет искусственного освещения — от типа источника света. Человеческий глаз обладает способностью адаптироваться к различным уровням яркости окружающих предметов и их фона. Цветные пленки таким свойством не обладают, и поэтому сочетание цветов на фотографии будет правильным только при соблюдении в процессе съемки цветового режима, соответствующего характеристикам данной пленки. Это особенно важно при использовании цветных обращааемых пленок, поскольку после фотобработки экспонируемый материал становится окончательным результатом фотографического процесса. Цветные негативные пленки более «терпимы» к цветовому режиму, поскольку небольшие отклонения от заданного режима могут быть исправлены в процессе проявления и печати.

Цветные пленки выпускаются двух типов: пленки для съемок при дневном освещении (цветовая температура источника света 5500 К) и пленки для съемок при освещении лампами накаливания (цветовая температура источника света 3200 К).

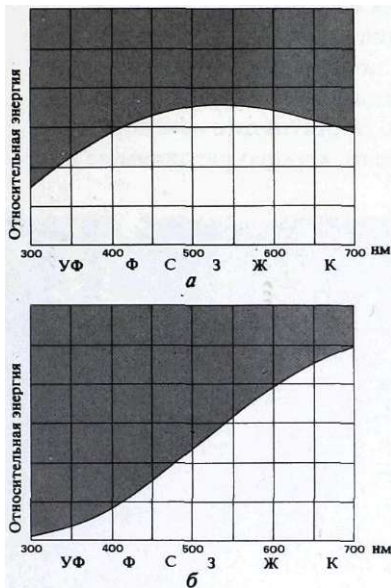


Рис. 81.
a — спектр дневного света; *б* — спектр излучения вольфрамовой лампы накаливания. В первом случае отмечается преобладание синих лучей, а во втором — красных.

Фото 37.

Статуя Гермеса, держащего на руках Дионисия (музей в Олимпии, Греция). *Слева* — фотосъемка производилась на пленку для дневного света при имеющемся в зале обычном искусственном освещении. В результате цвет статуи приобрел слишком теплый оттенок (на пленке для искусственного света результат был бы лучше). *1 с, 1:5,6, Kodachrome 25.* *Справа* — фотосъемка производилась с небольшой электронной вспышкой. В результате цвет статуи приобрел голубоватый оттенок, но передан более точно. *1:5,6, Kodachrome 25.*



Фото 38.

Фотосъемка производилась только при имеющихся на столе свечах без какой бы то ни было коррекции их «слишком желтого» освещения. В результате цветовая гамма удачно передает лиричность и интимность сцены. *1/4 с, 1:3,5, Vericolor S.*



Когда цветовая температура источника света не соответствует характеристике пленки, ее можно скорректировать с помощью светофильтра, надетого на объектив (или на источник света); если температура низкая, т. е. свет содержит слишком много желтых лучей, необходимы голубоватые фильтры, если же высокая, т. е. свет содержит слишком много голубых лучей, необходим желтый фильтр.

Фильтры, предназначенные для коррекции цветовой температуры (конверсионные светофильтры), выпускаются различной плотности (кратность фильтра) и имеют соответствующие кодовые номера, которые обычно не содержат никакой информации относительно кратности или цвета фильтра. Для характеристики фильтра фирмы-изготовители используют изменение (сдвиг) цветовой температуры излучения при прохождении его через светофильтр. При этом величина изменения выражается в майредах: 1 майред = $1000000/\text{цветовая температура}$, К.

В зависимости от цвета фильтра величина сдвига может быть положительной или отрицательной, так как одни фильтры' (например, голубоватые) увеличивают цветовую температуру излучения, а другие (например, желтые) уменьшают ее.

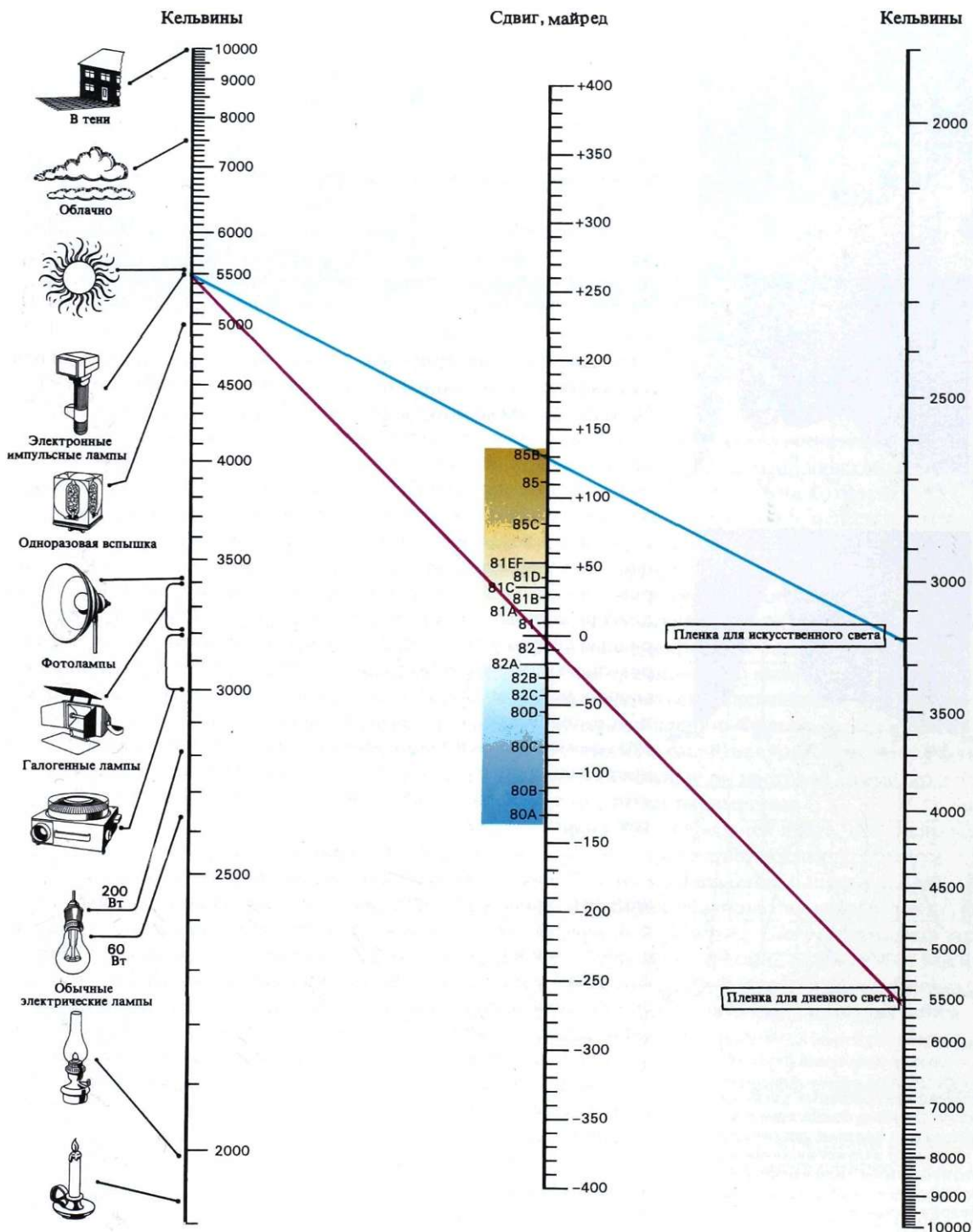
Способ определения цветовой температуры источника света как температуры абсолютно черного тела справедлив при условии, что источник света имеет непрерывный спектр излучения. Такими источниками являются Солнце, свеча, керосиновая лампа, электрические лампочки накаливания. Газоразрядные лампы имеют иной спектр излучения — набор дискретных полос и линий различной яркости, положение и относительная величина которых зависят от состава газа и наличия (или отсутствия) непрерывного спектра. Поэтому цвет таких ламп нельзя строго выразить через температуру абсолютно черного тела. Однако для характеристики спектра излучения некоторых газоразрядных ламп можно использовать так называемую эквивалентную цветовую температуру¹.

Если газоразрядные лампы, имеющие явный линейчатый (дискретный) спектр излучения (ртутные или натриевые), совершенно непригодны для цветной фотографии, то лампы, спектр которых представляет собой дискретные пики, наложенные на непрерывный спектр, применять можно, хотя в таких случаях, как правило, требуется существенная коррекция цветопередачи. Очень хороши для фотографии ксеноновые газоразрядные лампы (электронные вспышки), поскольку их спектр излучения почти полностью совпадает со спектральным составом освещения, необходимого при фотографировании на пленки, предназначенные для цветной съемки при естественном дневном освещении. Если передаче цветов придается особое значение, то может возникнуть необходимость в небольшой коррекции цвета, которая

Рис. 82.

Номограмма для определения типа конверсионного светофильтра, необходимого при данном сочетании освещения и пленки. Точка пересечения прямой линии, соединяющей левую и правую шкалы с центральной шкалой, определяет цвет и тип фильтра или сдвиг, который должен обеспечивать этот фильтр в майредах относительно нейтральной точки в середине шкалы. Например, красная линия показывает, что при съемках в условиях яркого солнечного света на дневную пленку не требуется никаких фильтров. Голубая линия показывает, что при съемках в тех же условиях на пленку для искусственного освещения требуется светофильтр 85В.

¹ Температура абсолютно черного тела, излучающего свет, который для наблюдателя кажется того же цвета, что и цвет излучения данной лампы.



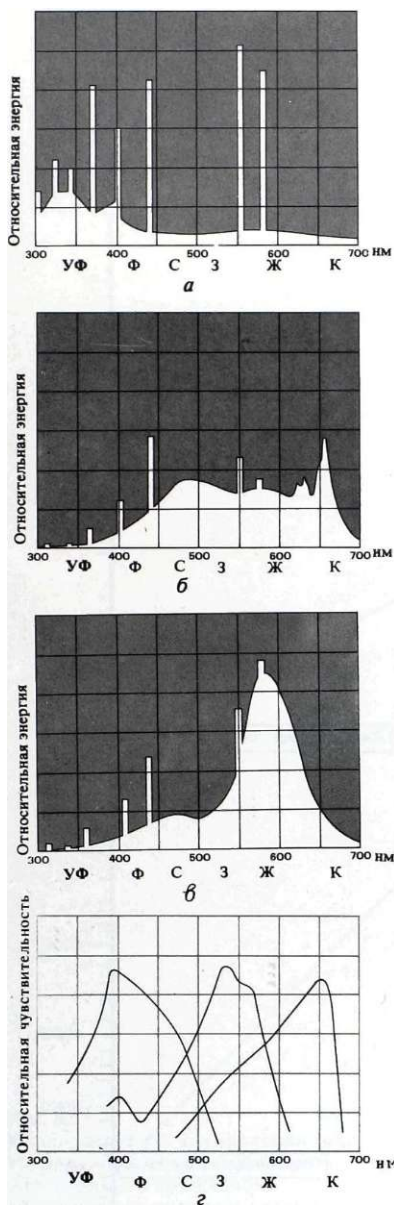


Рис. 83.

а — спектр излучения ртутной газоразрядной лампы в основном содержит интенсивные дискретные линии. Поэтому такая лампа не годится для цветной фотографии; б — спектр излучения люминесцентной лампы типа «северное сияние»; в — спектр излучения «белой» люминесцентной лампы; г — спектральная чувствительность типичной цветной обрабатываемой пленки: три отдельные, хотя и перекрывающиеся кривые для каждого эмульсионного слоя пленки, чувствительного к синему, зеленому и красному цвету.

осуществляется с помощью фильтров желтоватых оттенков. Обычно роль фильтра выполняет встроенный в лампу-вспышку желтый защитный экран или желтое покрытие, нанесенное на поверхность лампы.

Флуоресцентные лампы — это, как правило, ртутные газоразрядные лампы, внутренняя поверхность которых покрыта специальным люминесцентным соединением — фосфором. Под действием ультрафиолетового излучения разряда фосфор флуоресцирует, частично компенсируя провалы в цветовом спектре чисто ртутной газоразрядной лампы. Воздействие света, излучаемого большинством флуоресцентных ламп, на цветную пленку предсказать довольно трудно, так как светочувствительность пленки описывается тремя кривыми, каждая из которых характеризует чувствительность одного из трех светочувствительных слоев. Поэтому реакция данной пленки на этот свет определяется, с одной стороны, относительным положением этих кривых в пределах видимого спектра, а с другой — максимумом излучения флуоресцентной лампы. Кривые чувствительности пленок различных марок могут несколько отличаться друг от друга, хотя все они рассчитаны на свет одной и той же цветовой температуры; поэтому они будут по-разному реагировать на один и тот же источник освещения. Более того, даже различные типы пленки одной фирмы могут давать разные результаты. Если фотограф не располагает результатами предварительных проверок, то единственный способ добиться достаточно хорошего цветового баланса при использовании данного источника света и данной пленки — это сделать несколько пробных снимков, проявить их и проанализировать. Затем съемку придется повторить, но на этот раз с фильтром, выбранным в соответствии с результатами проб.

Для определения спектрального состава излучения источников света существуют специальные приборы — измерители цветовой температуры. Простейшие (и самые дешевые) из них измеряют относительное содержание красных и синих лучей (красно-синее отношение) в спектре излучения источника света; при этом либо одновременно освещаются два фотоэлемента, снабженные соответственно красным и синим фильтрами, либо последовательно освещается один фотоэлемент через красный и синий фильтры. Красно-синее отношение определяется по показаниям гальванометра, шкала которого градуирована непосредственно в единицах цветовой температуры. Точность измерения цветовой температуры зависит от того, справедливо или нет предположение, согласно которому для определения этой характеристики источника света достаточно знать относительную интенсивность освещения лишь на границах видимого спектра. Оказалось, что это предположение достаточно оправданно для источников с непрерывным спектром и совершенно неприемлемо для источников с линейчатым



Фото 39.

Одна и та же сцена, снятая при возможных комбинациях различных типов люминесцентных ламп и пленок.

1. "Warm White", Kodachrome 64.
2. "Colour Matching", Kodachrome 64.
3. Philips "Colour 32", Kodachrome 64.
4. Philips "Colour 34", Kodachrome 64.
5. Philips "Colour 34", Agfa CT18.

Фотографии 4 и 5 были сделаны при одинаковом освещении, хотя использовались пленки, предназначенные для съемок при дневном освещении, передача цвета оказалась различной.

(дискретным) спектром. В последнем случае для точного предсказания воздействия освещения на цветную пленку идеальный измеритель должен иметь три фотоэлемента, снабженные фильтрами, спектральная чувствительность которых точно соответствует спектральной чувствительности трех цветочувствительных слоев пленки, на которую производится съемка. На практике, однако, используются красные, синие и зеленые фильтры, рассчитанные на некоторую типичную цветную пленку, и то только в дорогих измерителях цветовой температуры. Точность таких трехканальных приборов в случае флуоресцентных ламп или других источников света с дискретным спектром излучения значительно превосходит точность двухканальных приборов, хотя и может несколько меняться в зависимости от характеристик применяемой пленки. Фильтр, выбранный в соответствии с показаниями измерителя, позволяет получать фотографии, если и не идеальные по цветовой гамме, то вполне приемлемые по другим параметрам.

Проблемы, связанные с передачей цвета, довольно часто возникают из-за цветовых характеристик самого объекта съемки. Подобная ситуация наблюдается, например, при фотографировании некоторых голубоватых цветов, таких, как горечавка (*Gentian*) и ипомея (*Morning-Glory*): фотограф видит цветы голубыми, а на некоторых цветных пленках они имеют розоватый оттенок. Это объясняется тем, что цветы сильно отражают свет на красной границе спектра, который почти невидим для глаза, но к которому сравнительно чувствительны некоторые пленки.

Одной из возможных причин ошибок в цветопередаче могут быть красители, образующиеся в процессе цветного проявления и обладающие свойством избирательно поглощать (вычитать) из белого света излучения определенного спектрального состава. Как уже было показано, в цветной фотографии цвета объект^ воссоздаются субтрактивным методом из трех основных цветов — желтого, пурпурного и голубого. Определенные ограничения этого процесса и чистота цветов каждого красителя делают невозможным получение точной цветовой копии фотографируемого объекта. В тех случаях, когда точность передачи цветов имеет



Рис. 84.

Высококачественный измеритель цветовой температуры с тремя фотоприемниками.



Фото 40.

Вверху — вьюнок «Утренняя слава», как его видит глаз.

Внизу — изображение вьюнка на некоторых цветных пленках.

Фото 41.

Изображения стеклянного витража, полученные при фотосъемке в условиях одинакового освещения, но на различные цветные пленки для дневного света. *Слева* — цвет покрывала гораздо ближе к истинному, однако желтая область передана в чересчур теплых тонах. *Справа* — желтый цвет области,

исключительно важное значение (например, фотографирование с целью рекламы новой ткани или новых образцов обоев), фотографу предстоит преодолеть немалые трудности, чтобы добиться наилучшей передачи цвета объекта съемки.

Нарушение закона взаимозаместимости

В обычных условиях реакция фотоэмульсии на свет такова, что два фактора, определяющие экспозицию, т. е. время экспонирования (выдержка t) и интенсивность светового потока (освещенность E), оказываются обратно пропорциональными друг другу. Закон взаимозаместимости утверждает, что выдержка и освещенность взаимозаместимы. Другими словами, если, например, увеличить выдержку вдвое, то для получения той же экспозиции интенсивность светового потока следует уменьшить вдвое. Однако в ряде случаев наблюдаются значительные отклонения от этого закона, особенно когда используются очень большие выдержки, как, например, при съемках в условиях тусклого освещения, или же очень малые, как при съемках импульсным источником света. В черно-белой фотографии эта проблема решается простым увеличением времени экспонирования. Что касается цветной фотографии, то здесь дело обстоит гораздо сложнее, так как нарушение закона взаимозаместимости может быть разным для трех цветочувствительных слоев эмульсии, при этом оно



окружающей фигуру, передан довольно точно, однако синее покрывало оказалось чересчур темным и невыразительным. Часто желательно, чтобы цветовая гамма фотографии всего лишь радовала глаз, и, если она при этом не точно передает цвета оригинала, это не беда. Однако в некоторых случаях, например в рекламной фотографии, точная передача цветов имеет первостепенное значение. Возьмем к примеру новые образцы красочных тканей. Для целей рекламы передача их цветовой гаммы должна быть возможно более точной. Из-за ограниченных возможностей существующих цветных пленок фотограф часто вынужден довольствоваться правильной передачей лишь некоторых цветов. В подобной ситуации в процессе печати обычно приходится ретушировать некоторые цвета в соответствии с имеющимися образцами ткани, чтобы получить более точную передачу всех оттенков.

проявляется не только как общая недодержка пленки, но и в появлении нежелательных цветовых оттенков. Во многих случаях этот дефект можно устранить с помощью подходящего фильтра, который выбирается и устанавливается на объектив в зависимости от экспозиции (в соответствии с рекомендациями изготовителей пленки). Трудности могут возникнуть при смешанном освещении, например при съемках внутри помещения при дневном свете, проникающем сквозь окна, с подсветкой затененных объектов с помощью электронной вспышки. В условиях дневного света выдержка может составлять несколько секунд, а при съемке со вспышкой — порядка $1/1000$ с и даже меньше (если применяется автоматическая электронная импульсная лампа).

В зависимости от выдержки дефекты могут быть обусловлены обоими источниками света; даже если оба источника имеют одну и ту же номинальную цветовую температуру, они могут дать разные цветовые оттенки. Эту проблему решить не просто, поскольку фильтр, предназначенный для коррекции цвета одного источника, в равной мере влияет на другой, и потому любое цветовое различие между источниками сохраняется. К счастью, последние образцы цветных пленок гораздо менее чувствительны к большим и малым выдержкам, чем их предшественники, поэтому нарушение закона взаимозаместимости обычно минимально при условии, что фотограф придерживается рекомендаций разработчиков пленки.

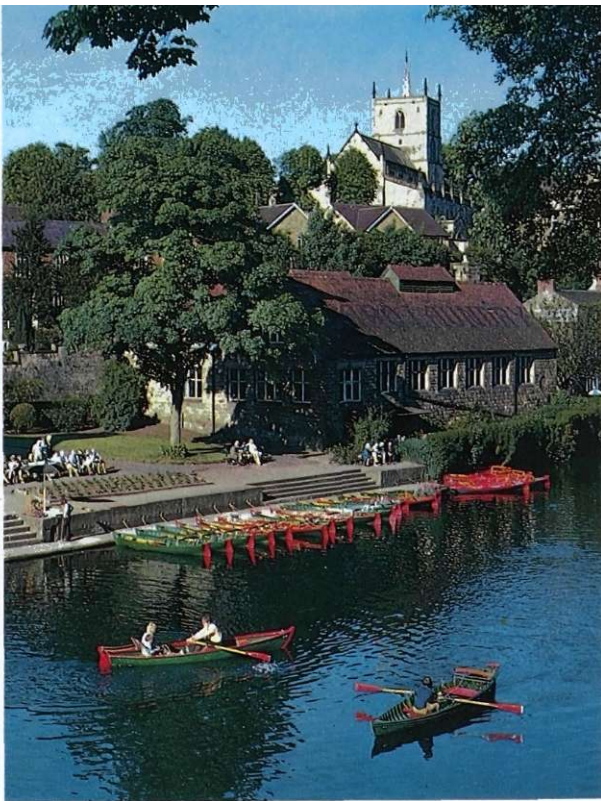
Композиция

Фото 42.

Для фотографа камера в определенной степени является тем же, чем кисть и краски для художника, — средством отображения того, что он видит. Однако в отличие от художника фотограф вынужден отображать только то, что он видит, и не может только силой своего воображения воспроизвести на снимке то, чего нет в действительности. Так, например, если он хочет, чтобы в кадр попала лодка, он вынужден ждать, пока она не появится. В крайнем случае он может попросить кого-то подплыть на лодке в нужное место.

Фотография является одним из эффективных средств передачи информации. Характер информации и способ ее передачи зависят от характеристик объекта съемки и тех целей, которые ставит перед собой фотограф.

С одной стороны, это могут быть фотографии, сделанные просто на память, или фотографии, иллюстрирующие, скажем, учебник или каталог и содержащие информацию об объекте, которую трудно или даже невозможно передать словами. Обычно такие фотографии выполняются так, чтобы выделить именно ту информацию, которую автор книги или изготовитель продукта хотел бы сообщить читателю или потенциальному покупателю, следуя известной поговорке — «лучше один раз увидеть, чем тысячу раз услышать». Фотографии такого рода, как правило, не имеют художественной ценности, но технически они



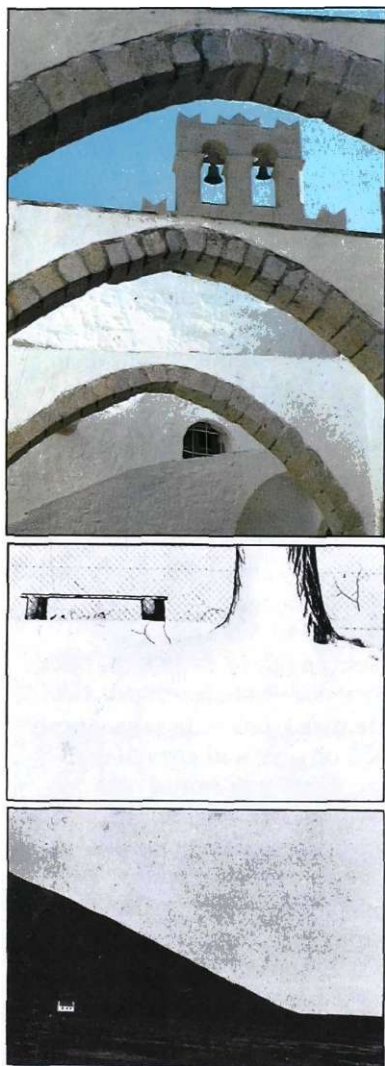


Фото 43.

Вверху — в основе композиции кадра лежит повторение формы арки. *В центре и справа* — уличный сток и скамья в снегу — нечто приятное для глаз и только. *Внизу* — положение небольшого домика в кадре создает ощущение его оторванности от остального мира. Это ощущение усиливается из-за почти полного отсутствия каких-либо полутонов между черным и белым.

выполнены превосходно, т. е. экспозиция, освещение и степень детализации выбраны наилучшим образом.

С другой стороны, это могут быть фотографии, которые не содержат какой-либо конкретной информации, но тем не менее они создают определенное настроение, вызывают определенные ассоциации. Объектом такой съемки могут быть самые обыденные, непритязательные предметы или сцены, которые мы порой просто не замечаем. Однако фотограф, обладающий художественным вкусом и творческим воображением, увидел в них нечто такое, что заставило его взяться за камеру и использовать весь свой опыт и умение для наилучшего выбора ракурса и освещения, чтобы перенести эти неуловимые черты на фотографию. Таким образом, полученная фотография будет его собственной интерпретацией увиденной сцены. Другой фотограф может воспринять эту же сцену по-своему и отобразить ее на фотографии совершенно иначе. Фотограф, делающий подобные фотографии, напоминает живописца, пишущего маслом или акварелью. Камера для него не более чем инструмент, с помощью которого он переносит свои эмоции и ощущения на пленку, при этом его манипуляции с диафрагмой, выдержкой и резкостью для него то же, что, скажем, для художника способ нанесения краски на холст.

Однако большинство фотографий занимает промежуточное положение. Любая фотографическая работа так или иначе связана с запечатлением и иллюстрированием фактической информации. Это отнюдь не означает, что выполнение таких фотографий не требует художественного вкуса и творческого воображения. Действительно хорошая фотография — это не просто полностью выявленные необходимые детали объекта съемки, но и наиболее правильное соотношение частей кадра, их логическая взаимосвязь в сочетании с максимальной выразительностью.



Основные правила

Для того чтобы организовать или скомпоновать различные элементы объекта съемки, начинающему фотографу необходимо знать основные правила художественной композиции кадра. По мере приобретения опыта эти правила станут для него чем-то вроде общих рекомендаций. Действительно, если бы все фотографы всегда строго соблюдали эти правила, то книги и журналы были бы заполнены удручающе однообразными снимками, почти не отличающимися один от другого по манере исполнения, и фотографии были бы лишены возможности создавать свой собственный, индивидуальный стиль. Можно найти немало примеров великолепных фотографий, авторы которых умышленно отступали от этих правил и тем самым достигали блестящего эффекта. Не следует, однако, нарушать эти правила просто так; отступление от правил оправданно лишь в том случае, когда образ или информационное содержание фотографии тем самым будет усилено или явно подчеркнуто.

Первое и наиболее популярное правило композиции кадра состоит в том, что центральный объект или объекты сцены должны располагаться как можно ближе к точке пересечения второстепенных объектов (фото 44, 45). Второе правило гласит, что некоторые второстепенные объекты должны «вести» наш взгляд по направлению к центральному объекту. Кроме того, центральный объект или хотя бы его часть должны контрастировать по цвету или тону с окружающим фоном.

Возможность соблюдения этих правил целиком определяется природой объекта. В некоторых случаях, как, например, при портретных съемках или съемках в помещении, фотограф имеет возможность полностью контролировать ситуацию: искать лучшее положение модели или физически перемещать различные объекты (мебель, вазы с цветами и

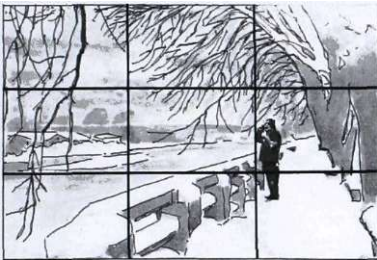


Фото 44.

Пример кадра, удовлетворяющего трем основным правилам композиции: основной объект (фигура человека) находится на пересечении второстепенных; река и ограда «ведут» наш взгляд по направлению к объекту; объект хорошо контрастирует с фоном.





Фото 45.

Небольшие изменения положения точки съемки существенно влияют на сбалансированность картины. На каждом снимке центральный объект (большое дерево) расположен примерно на пересечении второстепенных.

Слева — точка съемки выбрана так, что борозды «уводят» взгляд к краю картины, в результате нарушается ее гармония.

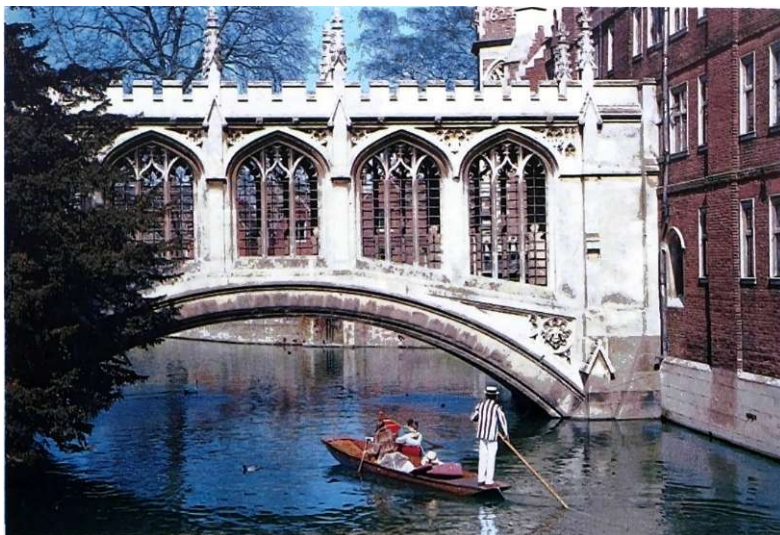
В центре — борозды «влекут» наш взгляд к центральному объекту, однако центр тяжести все же смещен влево. *Справа* — борозды «уводят» наш взгляд ко второму заметному объекту — удаленному дереву, и общий баланс тональности и уравновешенность значительно лучше.

т. д.) для достижения наилучших результатов. Однако при ландшафтных съемках он обычно практически не в состоянии изменить действительное физическое положение объектов. В отличие от художника, который, пользуясь правом на «художественный вымысел», может изобразить сцену так, как ему это хочется, а не так, как она выглядит на самом деле, фотограф вынужден смириться с тем, что он не может физически передвинуть, скажем, церковь или дерево, чтобы придать своей работе большую выразительность. Единственное, что он может сделать, — это переместить свою камеру в ту точку, из которой видимое относительное положение объектов составит удовлетворительную композицию.

Выбор точки съемки часто является важнейшим элементом всех действий фотографа до тех пор, пока он наконец не нажмет на спуск. Прежде чем сделать выбор, он

Фото 46.

Наличие лодки на переднем плане значительно улучшило композицию. Направление движения лодки почти параллельно линии уровня воды у кирпичного здания, расположенного справа, и эти линии «ведут» наш взгляд к центру картины.



должен тщательно проанализировать выбранный объект и четко сформулировать цель съемки, поскольку даже незначительное изменение положения точки съемки может очень сильно повлиять на композиционное решение вплоть до того, что основной упор будет перенесен на совершенно другой объект. Следует попробовать все возможные точки съемки, чтобы уже с полной уверенностью выбрать ту, которая наилучшим образом отвечает целям и требованиям фотографий. Так обычно и поступают фотографы-профессионалы, так как они хорошо знают, что их собственное восприятие объекта может не совпадать с мнением заказчика. Фотографы-любители также не прогадают, если будут следовать этим рекомендациям, поскольку после проявления пленки они смогут посмотреть, как меняется картина в зависимости от положения точки съемки.

Обрамление сцены

Иногда даже в хорошо скомпонованных фотографиях совокупность линий, форм и тонов отдельных элементов «уводит» наш взгляд от основного объекта за границы кадра. Эффективный способ избежать этого состоит во включении в кадр где-то у его границы дополнительного объекта в качестве «барьера» (фото 53). При этом объект, используемый для обрамления, должен быть по возможности неброским, т. е. он не должен отвлекать внимание от центрального объекта съемки.

Что видит фотокамера?

Между строением человеческого глаза и устройством фотоаппарата существует определенная аналогия. В обоих случаях имеется «линза», проецирующая изображение на светочувствительную поверхность: в первом случае — это поверхность сетчатки, во втором — фотопленка. Хрусталик



Фото 47.

Использование тонального контраста как средства отделения объекта от заднего плана.

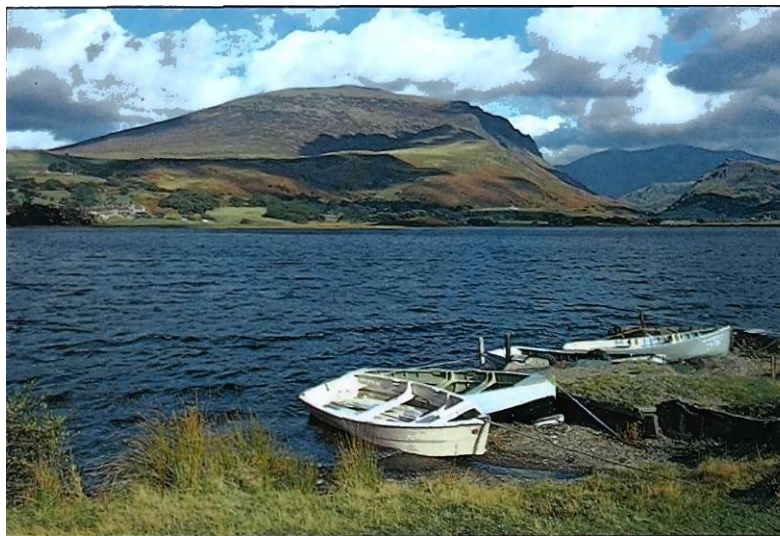


Фото 48.

Влияние небольшого перемещения точки съемки на соотношение переднего и заднего планов. Вертикальное разделение переднего и заднего планов существенно улучшается, если точку съемки выбрать несколько выше (*вверху*), и ухудшается, если точку съемки выбрать несколько ниже (*в центре*). Если камеру передвинуть вправо, лодки на картине сместятся в противоположную сторону (*внизу*).

Выбор точки съемки — это наиболее действенное средство для построения композиции кадра; оно может как улучшить, так и испортить конечный результат. С помощью этого средства можно выделить какую-то часть объекта съемки, подчеркнуть прекрасное, скрыть уродливое. Прежде чем нажать спусковую кнопку, надо попробовать все возможные ракурсы — дополнительные затраты труда и времени, как правило, приносят хорошие плоды.

Фото 49.

Композицию кадра (*вверху*) можно было бы улучшить, отделив яхту от ограды (*внизу*). Для этого точку съемки надо было переместить несколько выше.

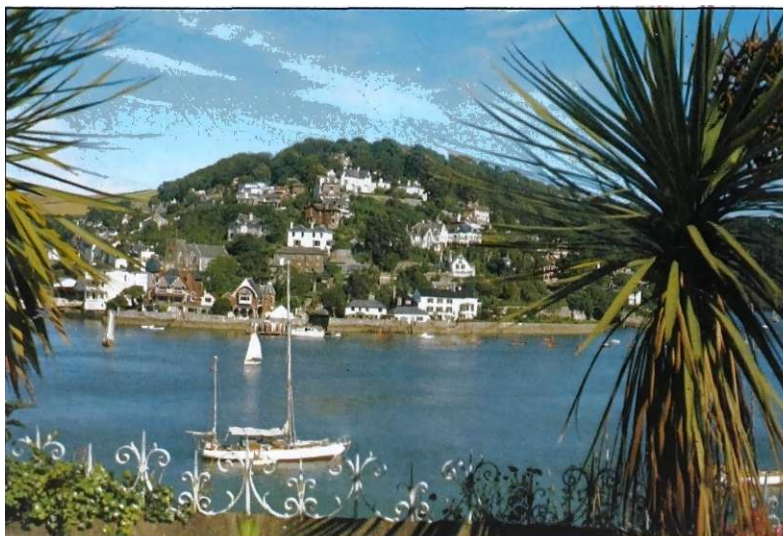




Фото 50.

Слева — античная арена в Эфеех.
Справа — небольшое изменение точки съемки позволило включить в кадр маки. Наличие на переднем плане ярких цветов сделало фотографию более интересной.

глаза фокусирует изображение на сетчатку, а радужная оболочка регулирует входящий световой поток. Объективы всех (за исключением самых дешевых) камер тоже могут наводиться на резкость и изменять регулированием величин диафрагмы интенсивность светового потока. На этом, однако, аналогия кончается, и видение одной и той же сцены фотокамерой и человеком принципиально отличается одно от другого.

В то время как человек обладает способностью концентрировать свое внимание только на тех фрагментах картины, которые его больше всего интересуют, игнорируя все остальное, фотокамера такой избирательной способностью не обладает. Она «видит» все, что попадает в поле зрения объектива, и центральный объект воспроизводится ею так же подробно, как и окружающий фон. По этой причине при съемке какой-то сцены фотограф может даже не заметить многих окружающих деталей, которые, однако, будут запечатлены фотокамерой с удручающей ясностью.

Фото 51.

В процессе фокусировки, выбора выдержки и ожидания удобного момента для нажатия на спуск фотограф может не заметить какого-то совершенно лишнего предмета на заднем плане. *Слева* — непосредственно за фигурой лучницы оказался яркий флажок, отвлекающий наше внимание от главного объекта съемки.

Справа — переместив точку съемки всего лишь на пару метров (девушка при этом осталась на прежнем месте), удалось получить гораздо лучший снимок.





Фото 52.

Нерезкий передний план. *Вверху* — фотосъемка производилась сквозь листья, которые были настолько близко к объективу, что их изображение на фотографии воспринимается как нежная зеленоватая вуаль. *Внизу* — размытое изображение герани служит своеобразной рамкой. Чтобы получить такое изображение, объектив был установлен на бесконечность, а диафрагма была выбрана достаточно большой (1:5,6). (Размытое изображение переднего плана позволяет скрыть ненужные детали, которые могли бы испортить сюжет. В данном случае, однако, скрывать было нечего.)

Именно в силу этого различия в способе «видения» глаза и фотокамеры работы начинающих фотографов бывают перегружены излишними деталями фона, которые отвлекают внимание зрителя от центрального объекта и таким образом снижают эффективность композиционного решения кадра. В момент съемки фотограф, по-видимому, даже не подозревал об этом или по меньшей мере не оценил в должной степени возможное влияние фона на результат. Он, например, мог быть настолько увлечен поиском удачной позы для своей модели, что не заметил такой детали, как телеграфный столб (или мачты уличного освещения), расположенный непосредственно за моделью; на фотографии этот столб будет «расти» прямо из головы модели. Или же он не учел того, что цветы, которые служили фоном, на фотографии будут настолько яркими, что совершенно затмят объект съемки.

Чтобы оценить потенциальную гармонию объекта и его окружения, ищущий фотограф должен научиться видеть их так, как их «видит» фотокамера. Только в этом случае он сможет принять меры для того, чтобы устранить или ослабить отвлекающее воздействие фона. В некоторых случаях он может физически удалить мешающий предмет из поля зрения камеры или изменить положение точки съемки так, что предмет либо будет скрыт фотографируемым объектом, либо выйдет за пределы кадра. Если невозможно полностью избавиться от помех, можно ослабить их влияние, используя достаточно большую диафрагму, так что мешающий объект будет изображен нерезко. Этот прием «избирательной фокусировки» оказывается очень эффективным для ослабления визуального влияния фонов и подчеркивания собственно объекта съемки. Дело в том, что сам объект, будучи изображен резко, четко выделяется на «размытом» фоне.

При съемке однообъективной камерой с автоматической диафрагмой¹ в видоискателе фон обычно выделяется не столь ярко, как на снимке. Это происходит из-за увеличения глубины резкости вследствие того, что величина диафрагмы автоматически устанавливается на то значение, при котором будет произведена съемка. Действительный эффект, который получится на пленке, можно увидеть, если во время наводки вручную установить нужную диафрагму. Для этой цели во многих однообъективных камерах имеется специальная кнопка или регулировочное кольцо. Если при данной диафрагме фон оказывается слишком отвлекающим, то диафрагму следует увеличить, не забывая при этом соответствующим образом изменить выдержку и освещенность.

* * *

Композиция фотоснимка является одним из наиболее важных аспектов техники и искусства фотографирования. Вот

¹ Во время наводки диафрагма полностью открыта для получения наиболее яркого изображения в поле видоискателя. — *Прим. ред.*



Фото 53.

Вверху — Кёльнский собор на фоне водной глади Рейна (ФРГ) — пример неудачной композиции: костел оказался прямо в центре кадра, а на переднем плане — «пустая» водная гладь, не представляющая никакого интереса. *Внизу* — фотограф прошел всего несколько минут по берегу и нашел более удачную точку съемки: свисающие листья и низкий парапет набережной обрамляют картину, а железнодорожный мост направляет наш взгляд к центральному элементу картины — собору. Фотография еще выиграла и от того, что на переднем плане оказалась баржа. *Canon FTb, 1/125 с, 1:6,3, Kodachrome 25.*



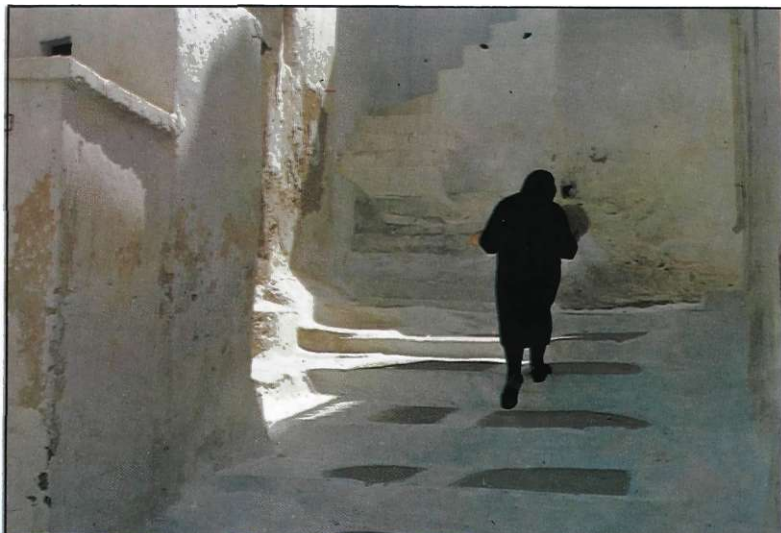


Фото 54.

Простой по своей композиции кадр — белые камни в пастельных, почти одноцветных тонах, контраст, достаточный только для выявления S-образной формы ступенек, фигура старухи, спешащей куда-то со своей ношей, — тем не менее создает атмосферу таинственности.



Фото 55.

Если объект съемки перемещается поперек поля зрения, то кадр строится таким образом, чтобы объект не оказался в центре кадра. Движение мальчика подчеркивается линиями тротуара и подоконников, сходящимися в направлении движения.

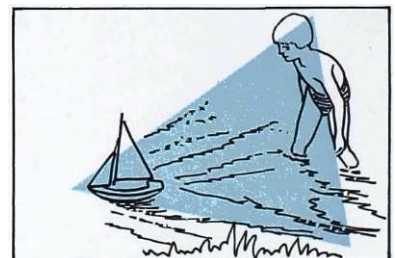


Фото 56.

Часто при удачной композиции изображения объектов съемки образуют какую-либо простую геометрическую фигуру: мальчик, кораблик и волны образуют треугольник.



Фото 57.

Композицию кадра можно значительно улучшить, включив в «пустой» передний план какие-либо другие объекты, например катер.



Фото 58.

Эти почти абстрактные творения из цвета и форм были получены в результате фотосъемки из автомобиля на территории кемпинга. Камера была сфокусирована на капли дождя на ветровом стекле. Включение в кадр фигуры человека, спешащего под дождем, позволило сделать более интересный снимок.



Фото 59.

Осуществив фотосъемку в тот момент, когда солнце скрылось за тучу, удалось избежать появления на снимке тени от балки, поддерживающей решетку сада.

Фото 60.

Исключительно простой по своей композиции снимок прекрасно передает атмосферу спокойного отдыха в тихий летний день.



Фото 61.

Рейн в Кёльне.

Туман — великий помощник фотографа в создании особого настроения и передаче ощущения расстояния на снимке. В туманной дымке отдаленные предметы кажутся светлее, чем близлежащие, а цвета — более приглушенными; предметы в лучах восходящего или заходящего солнца кажутся окрашенными в желтые или оранжевые тона.



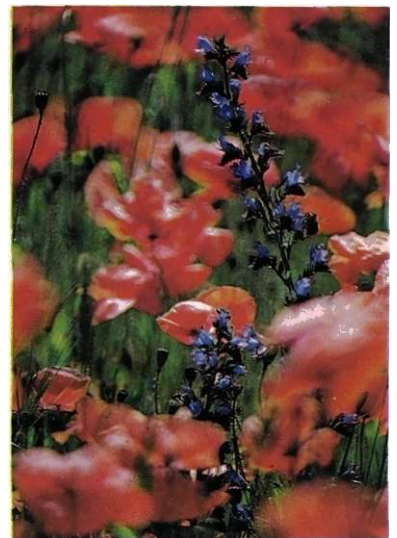
Фото 62.

Сам по себе довольно скучноватый ландшафт воспринимается совсем иначе, когда дальний берег окутан туманной дымкой, которая освещается лучами солнца, прорвавшимися сквозь тучи.



Фото 63.

Уникальную способность телеобъектива «сжимать» расстояния можно очень эффектно использовать при известной доле воображения. Оживленная, но отнюдь не запруженная улица на фотографии может выглядеть как сплошное людское море, если ее фотосъемку производить со значительного расстояния 300-мм объективом. Телеобъектив позволяет также выделить интересный предмет на фоне других. Слева — с помощью телеобъектива и тщательного выбора диафрагмы удалось передать атмосферу безграничного поля ярких красных маков. Объектив был сфокусирован на фиолетовые цветы мать-и-мачеха, чтобы внести в картину некий центральный объект. Canon FTb, 135-мм объектив, 1/125 с, 1:8, Ektachrome 64. Справа — фотосъемка производилась 500-мм зеркальным объективом для выделения фиолетовых цветов из окружающих их красных маков. Данный объектив с постоянной диафрагмой 1:8 позволяет снимать с минимального расстояния 4 м. При этом глубина резкости была столь мала, что цветы, отстоящие



лишь на несколько сантиметров, уже были не в фокусе. Nikon F 2,500-мм зеркальный объектив Nikkor, 1/125 с, Ektachrome 64.

Фото 64.

Включив в кадр деревья (*справа*) и скалистый обрыв (*слева*), фотограф смог не только создать приятное обрамление картины, но и прекрасно передать гигантские расстояния как вниз к долине реки, так и вдоль ее — к линии горизонта. Если исключить передний план, фотография потеряет свою объемность.



Фото 65.

Пример удачного использования естественного освещения для выявления структуры и формы причудливых каменных колонн и пещер.

Контуры и форму одноцветных и однотонных объектов можно выделить только с помощью освещения, при котором подсветка и тени должны подчеркивать их геометрию. Если бы солнце было за камерой, то весь этот каменный ансамбль выглядел бы на фотографии плоским и неинтересным.

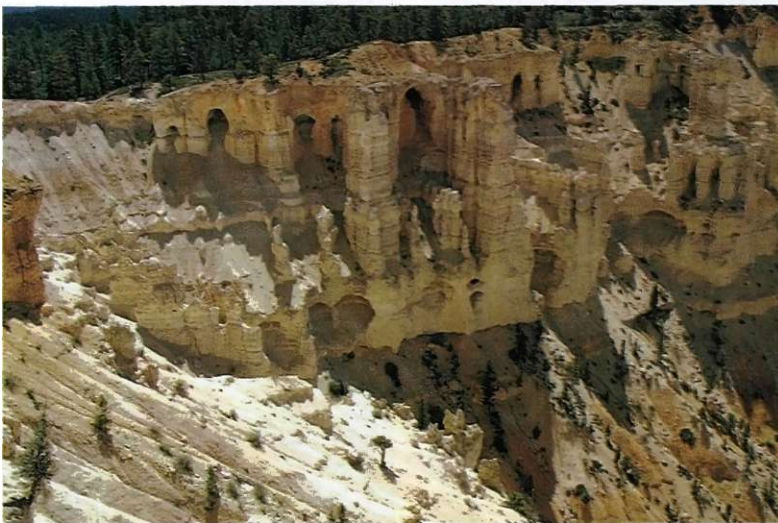


Фото 66.

Включение в кадр объектов известного размера часто помогает оценить размеры других объектов. Не будь здесь каравана, было бы невозможно составить представления о размерах этих каменных образований.

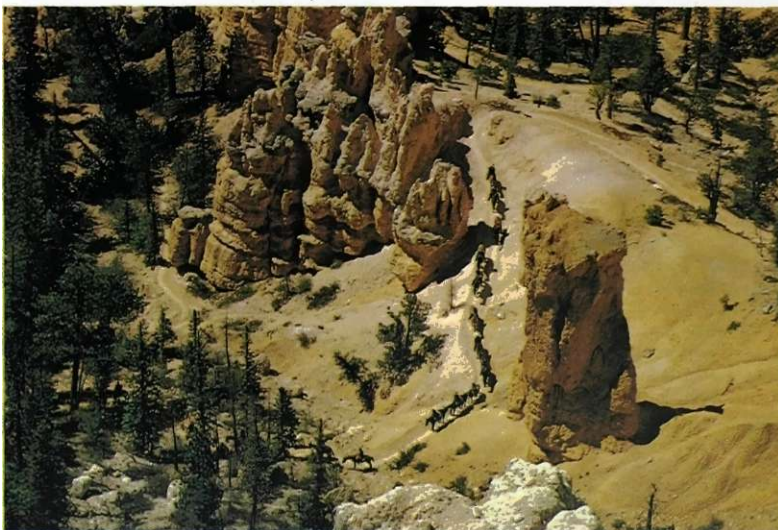


Фото 67.

Трудно объяснить, чем следует руководствоваться при нарушении основных правил композиции, чтобы сделать ее более удачной, — это дело вкуса. Особое расположение различных элементов композиции позволяет сделать её более выразительным, а не просто безликой фотографией, сбалансированной по тону и форме. Отступив от принятых норм, можно подчеркнуть ощущение тоски, одиночества, радости и т. д., сохранив при этом гармонию форм и тонов. Изображение старой женщины не было бы столь удачным, если бы фотограф строго следовал правилам композиции. На фотографии много места отведено миру вещей, в котором живет эта женщина. Такой фон подчеркивает отрешенное выражение ее лица и создает определенное настроение.



Фото 68.

Кладбище выглядит столь впечатляюще не только потому, что нарушены правила композиции кадра, но еще и потому, что была использована необычная техника печати: надгробья выделяются на фоне темного холма. Если бы фон был насыщен деталями, это испортило бы снимок. Подобные фотографии отражают глубоко личное видение мира, поэтому фотограф должен полагаться на свои собственные ощущения, а не на мнение местных фотографов.



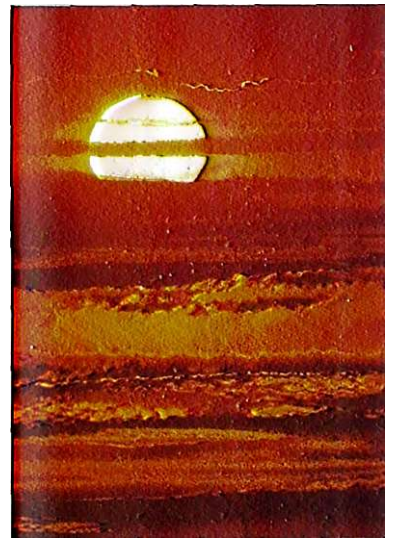
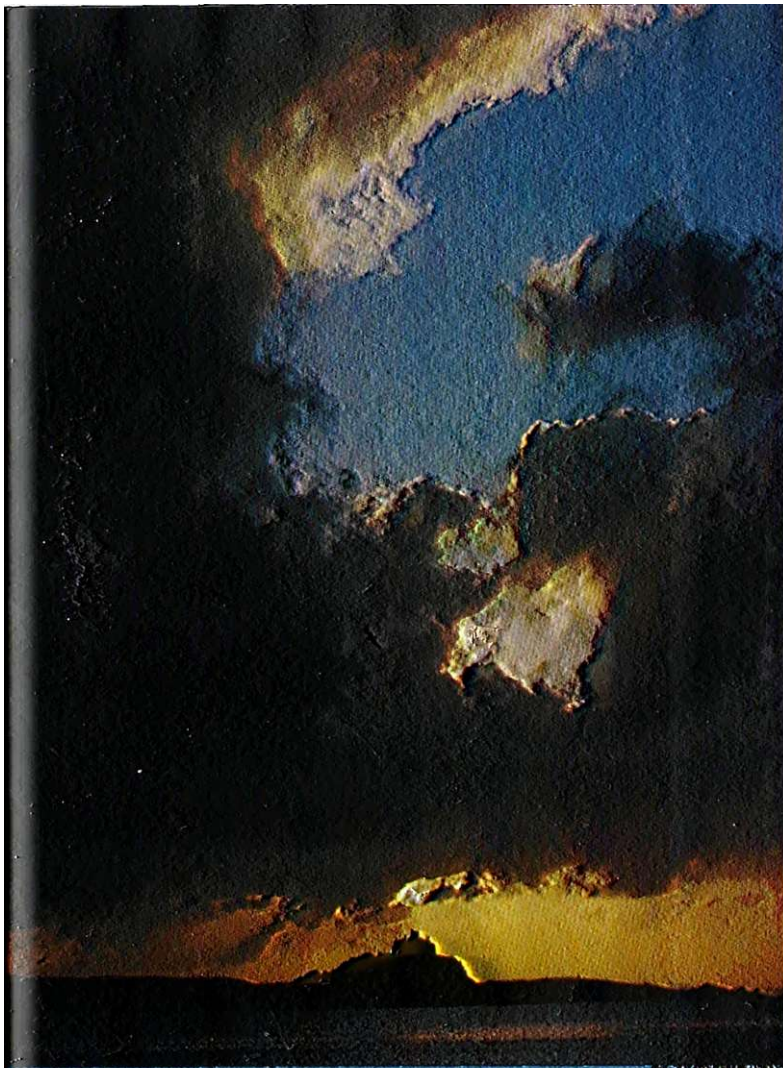


Фото 69.

Солнце, заходящее в облака, на фоне водного пространства, играющего оранжевым светом. Снимок умышленно был отпечатан «вверх ногами», и то, что кажется «водой», на самом деле облака. 500-мм(зеркальный объектив, 1/125 с, 1:8, Kodak Ektachrome 64.

Фото 70.

Поместив линию горизонта у нижней кромки кадра, фотограф смог включить в кадр большой участок вечернего неба. При такой форме и расположении облаков наш взгляд невольно стремится к замку. Экспозиция выбиралась по яркости неба, поэтому все объекты, лежащие ниже линии горизонта, сняты с недодержкой и на фотографии видны только их силуэты.

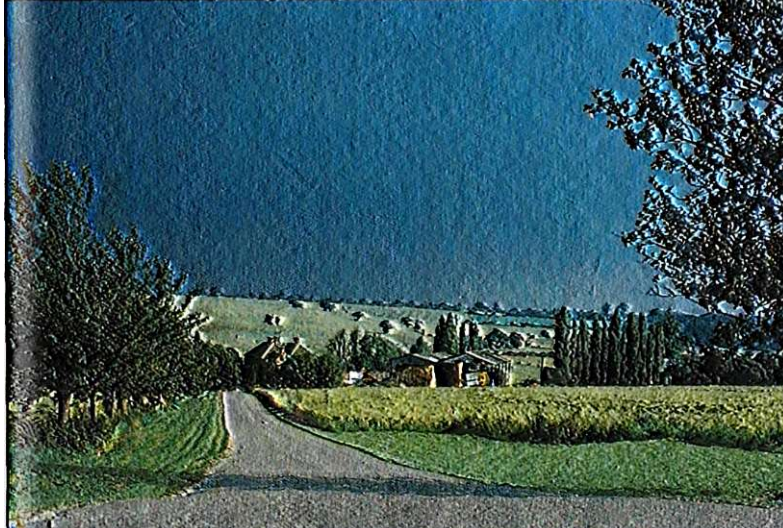
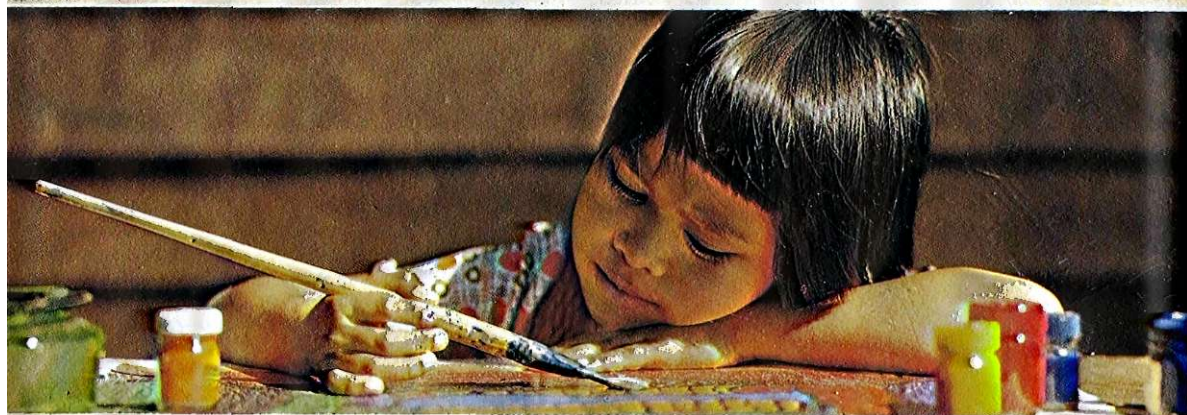
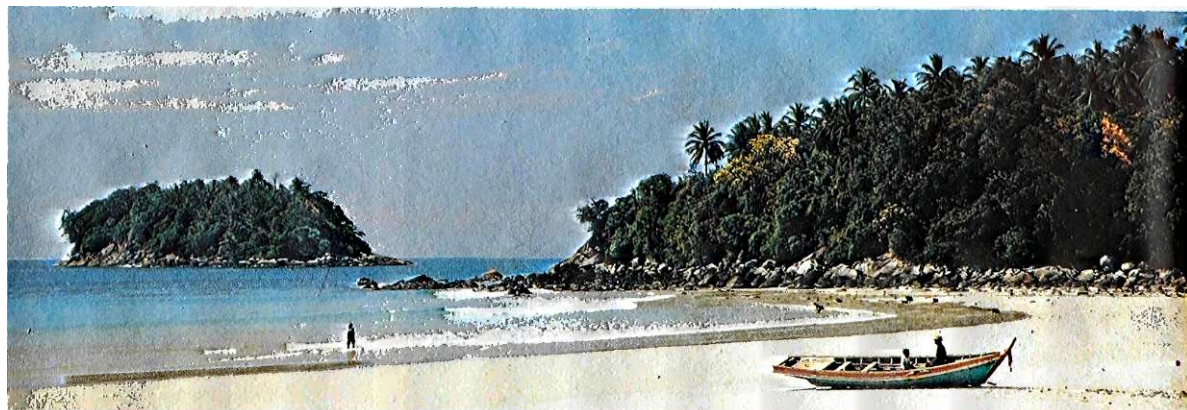


Фото 71.

При удачном освещении этот довольно обыденный сюжет «заиграл». Однако для этого фотографу пришлось четыре раза возвращаться в эти места, пока наконец он не был вознагражден: грозное небо придало сюжету драматический оттенок.



что по этому поводу пишет художественный редактор календаря, выпускаемого фирмой Kodak:

,' Каждый год где-то в ноябре мне становится немного не по себе. Еще бы, ведь в это время почти 1/4 млн. календарей, выпускаемых нашей фирмой, появляется на прилавках магазинов почти 50 стран мира, чтобы украсить стены лабораторий, школ, фабрик, студий.

Оформить календарь для столь разнообразной клиентуры — нешуточное дело. Всем сразу не угодишь: владельцу изысканного художественного салона на Беркли-сквер требуется что-то экстравагантное, а торговцу

Фото 72.

Сцена на берегу океана в районе Фукета. Фотосъемка производилась через поляризационный светофильтр. Это позволило «затемнить» небо и воду и подчеркнуть зелень листы. 1/60 с, 1:8, Ektachrome.

Фото 73.

При съемке перед девочкой был помещен лист белой бумаги (у края стола рядом с границей кадра) для мягкой бестеновой подсветки ее лица. 1/30 с, 1:8, Ektachrome.

Фото 74.

Чтобы запечатлеть яркие цвета зонтиков, основной источник света был расположен позади сцены. Для балансировки освещения перед сценой пришлось поставить два больших посеребренных рефлектора. 1/30 с, 1:11, Ektachrome.

фотоаппаратурой нужны фотографии, стимулирующие его покупателей активнее заниматься фотографией; хозяйка кафе мечтает приобрести что-либо напоминающее картины импрессионистов, а какому-нибудь клерку по душе симпатичные котята в корзинке. В любом случае очевидно только одно: директор школы никогда не повесит у себя в кабинете календарь с фотографиями фривольного содержания.

Проще всего в подобной ситуации постараться угодить всем, хотя бы по очереди. Поэтому один год мы ориентируемся на профессиональных фотографов и помещаем снимки, подчеркивающие искусство фотографа и качество аппаратуры. В следующем году мы делаем простые, яркие и красочные фотографии, не претендующие на особые художественные достоинства, но отличающиеся безукоризненным качеством исполнения.

Начиная с 1970 г. мы твердо придерживаемся правила: помещать в календаре только фотографии, выполненные специально для нашего календаря, и не брать фотографий, сделанных с другими целями: одни сапоги не всем впору!

Начиная работу над календарем на 1977 г., я решил остановиться на панорамных снимках, которые казались буквально «рожденными» для этого формата. Затем был сформулирован следующий принцип: фотографии должны быть предельно ясными, резкими по всему полю кадра, удовлетворять требованиям любого покупателя и не вызывать неприятных ассоциаций. В конце концов определилось и место съемок — Таиланд.

Выбор фотографа был очевиден: Джек Оакли, член общества FSIA. Человек очень обстоятельный («Я никогда не уповаю на удачу», — говорит он), обладающий редким сочетанием художественного вкуса и высокого профессионализма, он сделал массу великолепных рекламных фотографий для фирмы Kodak, три календаря и гигантские цветные фотовитражи в зданиях фирмы в США и Англии.

После того как я уговорил Джека взяться за эту работу и обрисовал ему общие идеи, мы потратили почти три месяца на планирование и подготовку всей операции. Сюда входили: установление контактов с Таиландским посольством в Лондоне, ведение переговоров с их авиакомпанией и переписка с представительством фирмы Kodak в Бангкоке о найме переводчика и шофера, аренде микроавтобуса, о резервировании гостиниц в Чанг-Мае, Бангкоке и Фукете, т. е. в местах предполагаемых фотосъемок. Мы также посетили телестудию Би-би-си, чтобы получить некоторую информацию от участников телепрограммы Blue Peter, только что вернувшихся из Таиланда со съемок. Короче говоря, мы постарались сделать все, чтобы, прибыв на место, заняться только тем, ради чего мы приехали, — фотографированием!

Мы пробыли в Таиланде 28 дней. Из них 10 дней мы снимали, 8 ушло на «разведку местности», 5 мы провели в разъездах, а остальные 5 посвятили отдыху и сборам.

Первые 8 дней мы осматривали местность к северу от Чанг-Мая и Бангкока. Мы выбрали конкретные точки съемки, познакомились с местными жителями, которых собирались фотографировать, договорились с ними о сроках и получили разрешение на съемки в пагодах и других местах ограниченного доступа. Затем 3 дня мы фотографировали в Чанг-Майе и по дороге в Бангкок впервые почувствовали удовлетворение от сознания того, что у нас уже кое-что есть.

Я хотел, чтобы по прибытии в Бангкок вся группа отдохнула хотя бы денек, но из этого ничего не вышло. Мы были вынуждены гоняться за восходом солнца в 50 милях от города, заниматься эквилибристикой на малюсенькой площадке на крыше микроавтобуса, чтобы снять крупным планом фронтон пагоды, и страховать Джека, чтобы он не свалился в канал с узенького моста, откуда он почти весь день снимал девушку, плывущую в засыпанной цветами джонке. (Вы никогда не пробовали снимать студийной камерой 13 X18 см привязанной к мосту вертикально вниз, повиснув над ней вниз головой и закутавшись в черное покрывало? При этом каждые 5 минут вам кричат, что фотографируемая вами лодка мешает плыть другим!)

О съемках в Таиланде можно рассказать с десятков подобных историй. Вспоминая некоторые из них, чувствуешь, как шевелятся волосы на голове (по разным причинам). Однако последние 5 дней, проведенные на южном острове Фукет, были по-настоящему божественными: песчаные пляжи и пальмы, горячее солнце, пронзительно синее море и небо, очаровательные люди. Мы почти совершенно забыли о том, что впереди нас ждет ноябрьский день, когда четверть миллиона людей откроют наш календарь и (ах, как бы нам этого хотелось!) восторженно воскликнут: «О-о-о!» •

Архитектурная фотосъемка

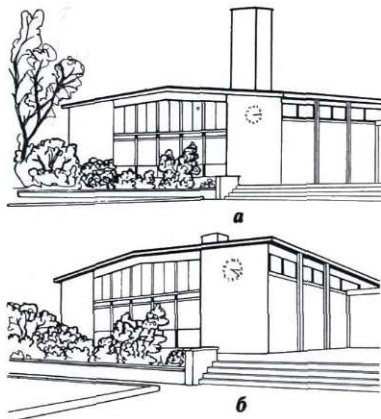


Рис. 85.

На перспективу и форму здания на снимке влияет как выбор точки съемки, так и фокусное расстояние объектива, *а* — результат съемки длиннофокусным объективом с удаленной точки, *б* — результат съемки широкоугольным объективом с более короткого расстояния.

Фото 75.

Замок Рейби в округе Дурхем, Англия. Фотосъемка производилась со сравнительно большого расстояния, что позволило включить в кадр окрестности замка и лучше передать атмосферу этого места. Кадр хорошо сбалансирован, и его построение удовлетворяет основным правилам композиции. Крона дерева и отбрасываемая им тень удачно обрамляют кадр и уводят наш взгляд к центральному элементу кадра — замку.

Фотографирование архитектурных сооружений производится, как правило, для получения документального снимка, дающего необходимое представление о внешнем виде сооружения или его деталях. Часто архитектурная фотосъемка производится с целью художественного воспроизведения архитектурного объекта. В этом случае главная задача, стоящая перед фотографом, — создание выразительного художественного образа, передающего стиль эпохи, страны и др.

При архитектурной съемке первостепенное значение имеет выбор точки съемки по высоте, отдаленности, углу съемки. Все эти факторы определяют общую композицию кадра, крупность плана, перспективу. Не менее важен характер освещения и рисунок светотени, возникающий на объекте съемки. Например, удачный снимок можно получить при боковом солнечном освещении: образующиеся тени подчеркивают очертания здания.

При документальной съемке архитектурных сооружений почти всегда приходится пользоваться широкоугольными объективами, так как объекты съемки имеют большие размеры и располагаются в пределах очень ограниченного пространства. Если вокруг здания имеется достаточно большое свободное пространство и существует свобода выбора точки съемки, то, подбирая фокусное расстояние объектива и



Фото 76.

Слева — эффект «сходящихся вертикалей» при фотосъемке камерой, наклоненной вверх для включения в кадр верхней части башни. *Справа* — фотосъемка производилась объективом с регулируемой перспективой (шифт-объектив), что позволило включить в кадр верхушку башни, не наклоняя камеру.

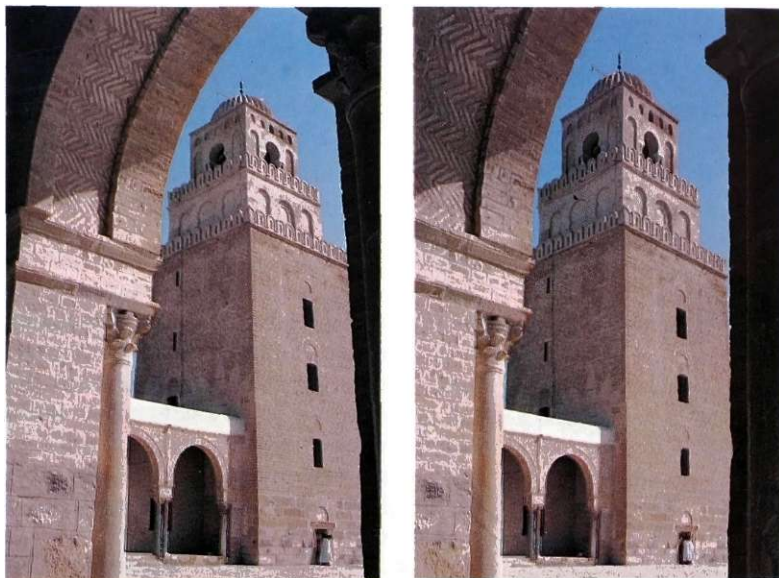
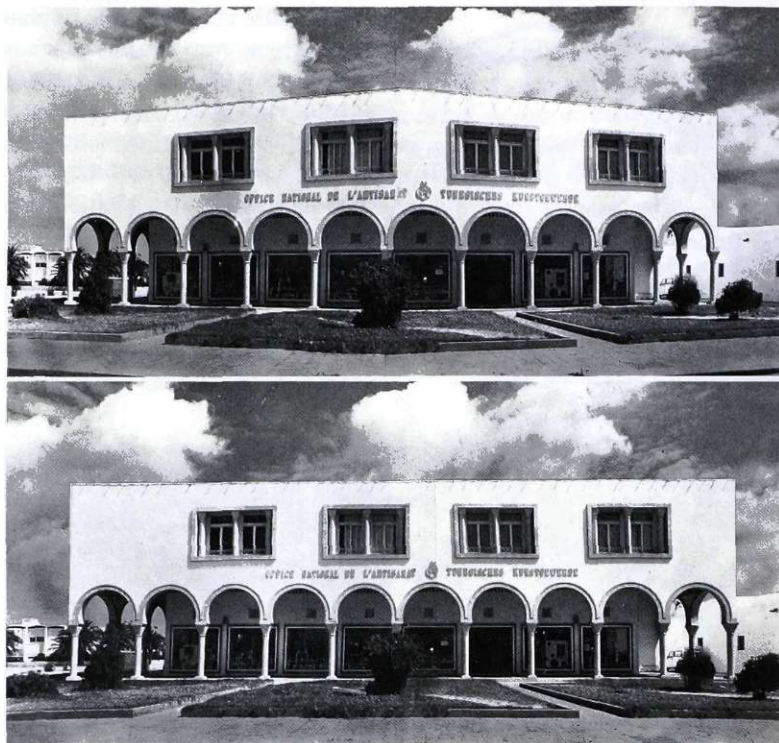
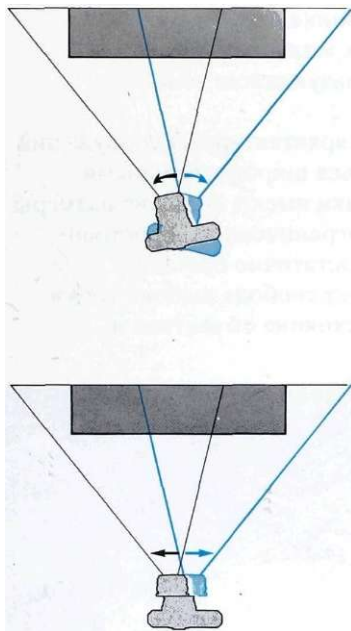


Фото 77.

При изготовлении панорамных фотографий склеиванием двух последовательных кадров, которые сделаны путем последовательного поворота камеры, результаты оказываются неудовлетворительными (*вверху*), поскольку при соединении снимков одни и те же прямые могут состыковаться под углом. Гораздо лучшие результаты (*внизу*) могут быть получены, если не двигать камеру, а воспользоваться объективом с регулируемой перспективой.



изменяя положение камеры, можно управлять перспективой кадра и соотношением размеров здания и объектов, находящихся перед ним или позади него.

При фотографировании высоких зданий обычно возникает проблема *сходящихся вертикалей* («падающих линий»), связанная с тем, что камеру приходится наклонять



Фото 78.

Несмотря на то что купол был достаточно освещен естественным светом, проникающим сквозь окна, при фотосъемке пришлось установить рядом с камерой мощную электронную вспышку, чтобы осветить роспись верхней части купола. Дело в том, что эта область не столь ярко освещена, как остальные части свода, и потому при съемке в условиях только естественного освещения она получилась бы слишком темной.



Фото 79.

При фотографировании всего здания целиком имеет смысл обратить внимание и на некоторые его детали, которые могли бы удачно дополнить фотографию общего вида. При этом лучше использовать телеобъектив, поскольку некоторые детали здания могут быть расположены таким образом, что их невозможно сфотографировать крупным планом с помощью нормального объектива. Лепная фигура на карнизе здания (*слева*) сфотографирована с помощью 135-мм объектива, а для съемки солнечных часов, находящихся прямо над входом в костел (*справа*), достаточно было объектива с фокусным расстоянием 50 мм.

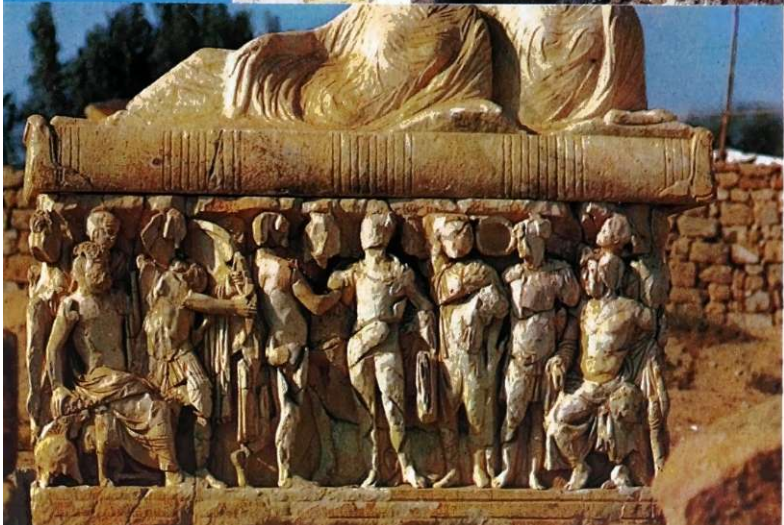


Фото 80.

Саркофаг в г. Тире, Ливан. Фотосъемка производилась при сильном боковом солнечном освещении. Резкие тени на разных каменных фигурах сделали их динамичными и объемными.



Фото 81.

Церкви и костелы, построенные до того, как человек освоил яркий искусственный свет, спроектированы так, чтобы с помощью естественного освещения наилучшим образом оттенить форму отделки и красоту их интерьеров. Любая попытка использовать в подобных ситуациях искусственное освещение не только потребует громоздкой аппаратуры, но и разрушит эту тщательно продуманную гармонию. Во многих случаях, однако, естественное освещение внутри таких зданий, как правило, настолько слабое, что необходимая выдержка составляет от нескольких секунд до 30 с и даже больше. При таких выдержках для большинства цветных пленок для дневного света нарушается закон взаимозаменяемости, и это приводит к появлению нежелательных цветовых тонов. Поэтому фотосъемку следует производить на пленки, предназначенные для искусственного освещения с использованием соответствующих конверсионных светофильтров, изменяющих цветовую температуру дневного света до цветовой температуры вольфрамовых ламп накаливания.

вверх, чтобы в кадр вошла верхняя часть здания. Иногда эту проблему удастся решить путем выбора более высокой точки съемки (возможно, с соседнего здания) либо путем использования объектива, позволяющего контролировать перспективу (шифт-объектива), или павильонной камеры со смещенной вверх объективной доской.

Интерьеры зданий лучше всего фотографировать в условиях естественного освещения, так как только при таком освещении могут быть получены снимки, на которых изображение интерьера будет соответствовать замыслу архитектора. Если фотографическая широта пленки не позволяет осуществить съемку при естественном освещении, то необходимо обеспечить дополнительное (искусственное) освещение.

Портретная фотосъемка

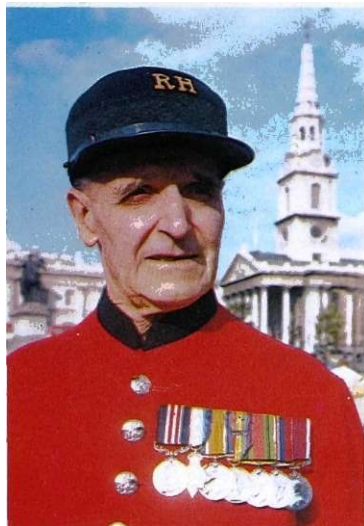
Почти каждый неопытный фотограф убежден, что для занятий портретной фотографией необходима фотостудия, оснащенная сложной осветительной аппаратурой. На самом деле это глубокое заблуждение. Примером тому могут служить фотографии, приведенные в данной книге.

Поводы для портретной фотосъемки могут быть самыми различными: надо сделать портрет выдающегося человека, или запечатлеть человека в момент знаменательного в его жизни события, или просто сделать фотографию на память ит. п. В любом случае фотограф должен заранее (до начала съемки) разработать план действий и построение кадра. Часто результат портретной съемки зависит от отношений между фотографом и снимаемым. Если человек хочет выглядеть на фотографии, как в жизни, он должен чувствовать себя свободно, раскованно.

«Неофициальные» (жанровые) портретные снимки лучше всего делать так, чтобы снимаемый об этом и не подозревал. В противном случае он будет вести себя напряженно и неестественно. В особенности это касается детей: редко удастся сделать хороший снимок ребенка в «официальных» условиях заранее подготовленной съемки. Маленьких детей лучше всего фотографировать, когда они увлечены своими делами и не обращают внимания на фотографа.

Фото 82.

Людей фотографируют по разным причинам, например на официальной церемонии (слева), в память о выступлении школьного хора (в центре) или просто как забавную сценку (справа).



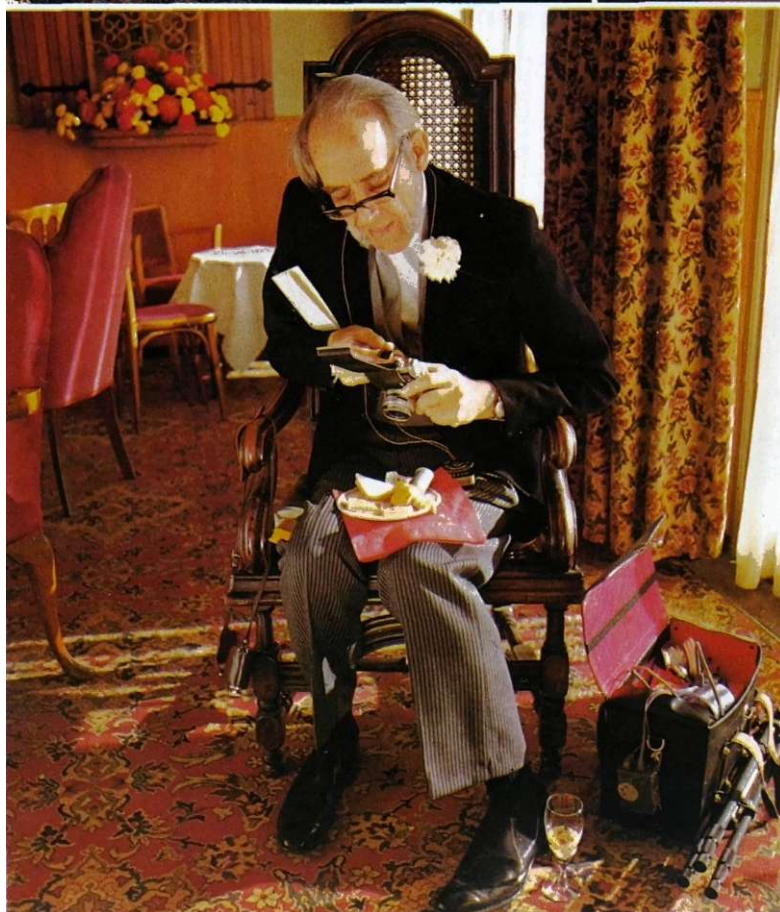
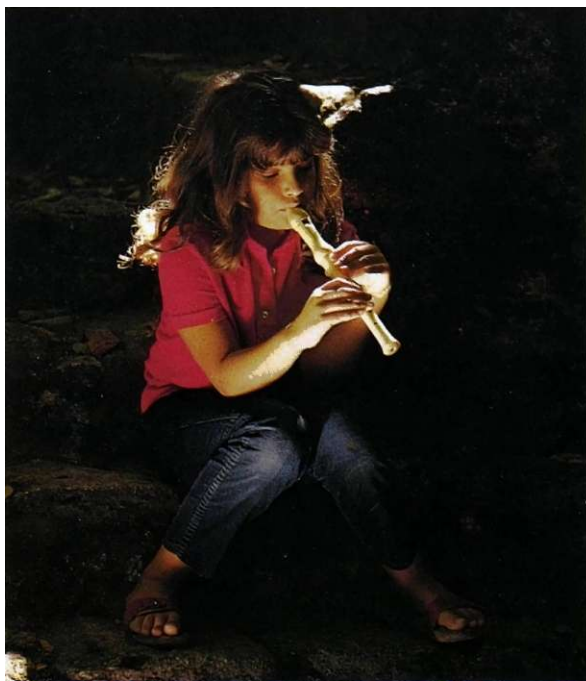


Фото 83.

Слева — изображение девочки, играющей на свирели, почти «светится». Для достижения подобного эффекта девочку попросили сесть так, чтобы тонкий солнечный луч освещал только ее, а фон оставался темным, неосвещенным. В результате изображение получилось очень контрастным. В таких случаях нужно очень тщательно выбирать выдержку, поскольку средняя освещенность кадра низкая, и если ориентироваться на нее, то центральный, освещенный объект будет передержан, т. е. ориентироваться следует только на яркость центрального объекта, а не фона. $1/125$ с, $1:11$, Ektachrome 200. *Справа* — фотосъемка производилась с очень близкого расстояния, поэтому руки девочки и ее свирель заполняют весь кадр. Этот снимок свидетельствует о том, что при фотосъемке любого объекта надо попробовать все возможные точки съемки, поскольку всегда есть «незапланированные» кадры, и они только «ждут», чтобы их заметили. $1/125$ с, $1:8$, Ektachrome 200.

Фото 84.

Неискушенному в фотографии зрителю может показаться, что фотограф застал этого человека врасплох. На самом деле съемка

была тщательно подготовлена. Сцена была освещена только ярким солнечным светом, проникающим сквозь окна, а затененные участки подсвечивались с помощью посеребренных рефлекторов, установленных слева от камеры. 1/30 с, 1:11, Ektachrome 64.

Фото 85.

Людей, находящихся в забавной ситуации, надо фотографировать так, чтобы они об этом не подозревали. В данном случае фотографируемый так сладко спит, что у фотографа было достаточно времени «прицелиться» и сделать снимок.

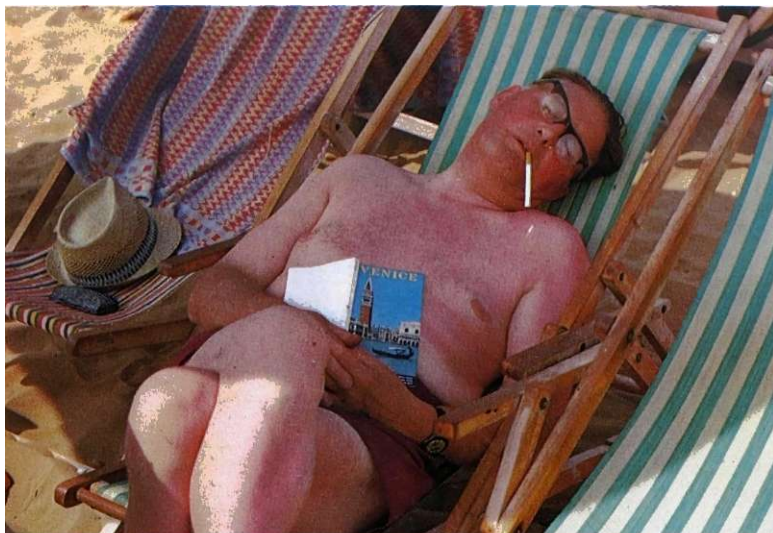


Фото 86.

Подобные моменты длятся не более секунды, поэтому надо заранее установить выдержку, диафрагму и сфокусировать объектив. Поскольку фотосъемка производилась со вспышкой, фотографу не пришлось думать о том, как «заморозить» движение объекта или камеры.



Фото 87.

Если бы кто-нибудь из этих ребятшек знал, что их фотографируют, то они не вели бы себя так естественно и непосредственно.



Фото 88.

Торговец на Тунисском рынке. Фотосъемка производилась 135-мм телеобъективом. Мужчина видел, что фотограф делает снимок, но, по-видимому, из-за большого расстояния между ним и камерой не понял, что фотографируют именно его.

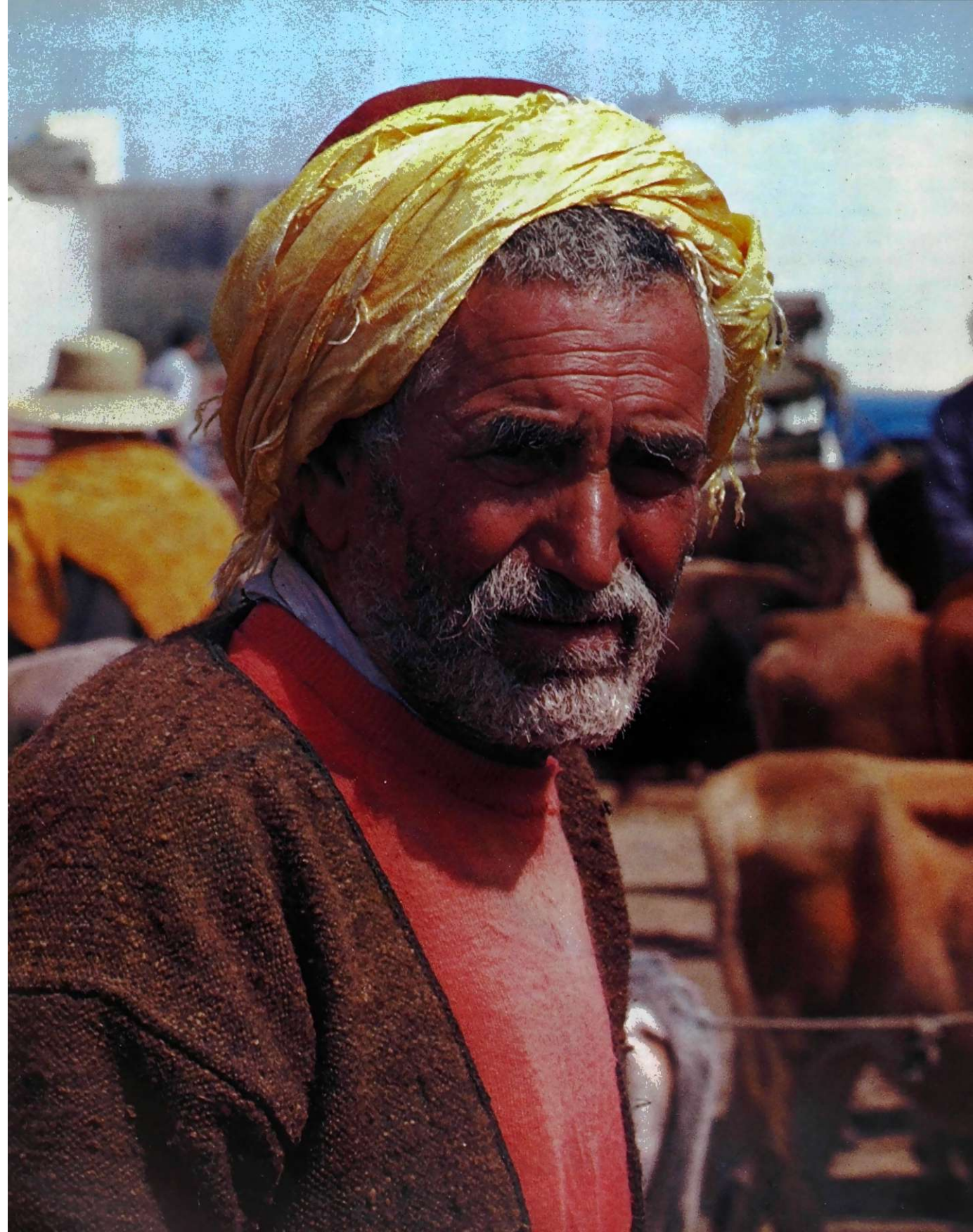


Фото 89.

Хорошеньких девушек лучше всего фотографировать при мягком, рассеянном освещении, не дающем резких теней. Поэтому на улице их лучше снимать в пасмурный день. Для компенсации несколько холодноватого оттенка освещения в такие дни может потребоваться очень слабый корректирующий фильтр. Обычно достаточно фильтра типа «Скай-лайт» (исправляющего цвет облачного неба), например Wratten 1A. Фотосъемка производилась с корректирующим фильтром при мягком дневном освещении. Кроме того, использовалась насадка «мягкого фокуса», позволившая слегка сдвинуть цвет сравнительно ярких участков в область соседних более темных тонов.

Обратите внимание на удачную, хотя и нестандартную композицию кадра: основные элементы сцены располагаются по его диагонали. В то же время основной вес цветовых тонов находится ниже диагонали и хорошо сбалансирован листвою в левом верхнем углу кадра. 1/60 с, 1:8, фильтр Wratten 1A Ektachrome 64.

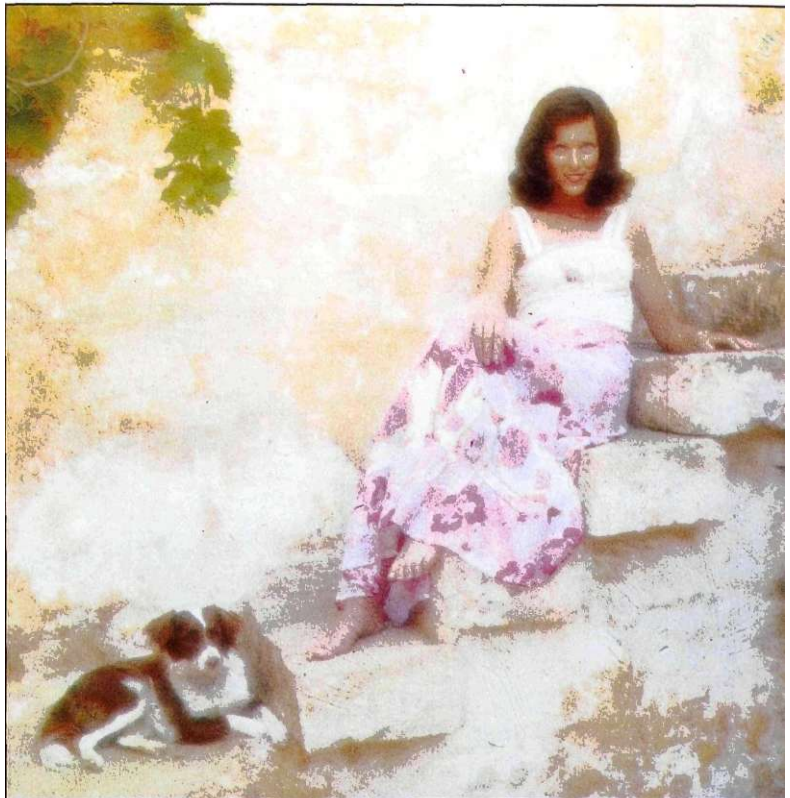
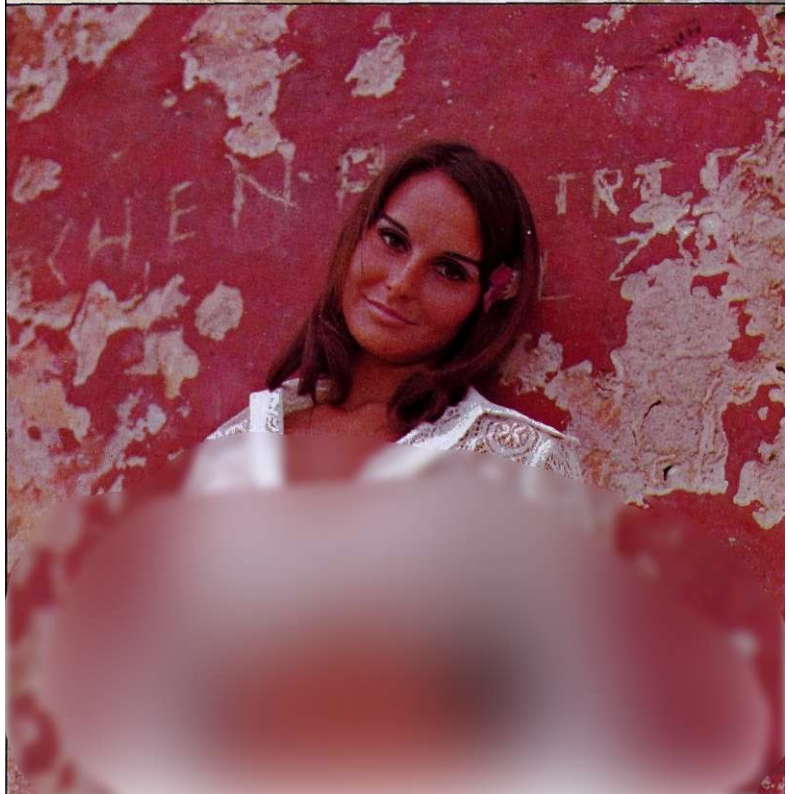


Фото 90.

Грубая поверхность стены, резко контрастируя с нежной кожей и мягкими, плавными линиями лица и фигуры девушки, служит прекрасным фоном и подчеркивает ее красоту и женственность. 1/125 с, 1:8, Ektachrome 64.



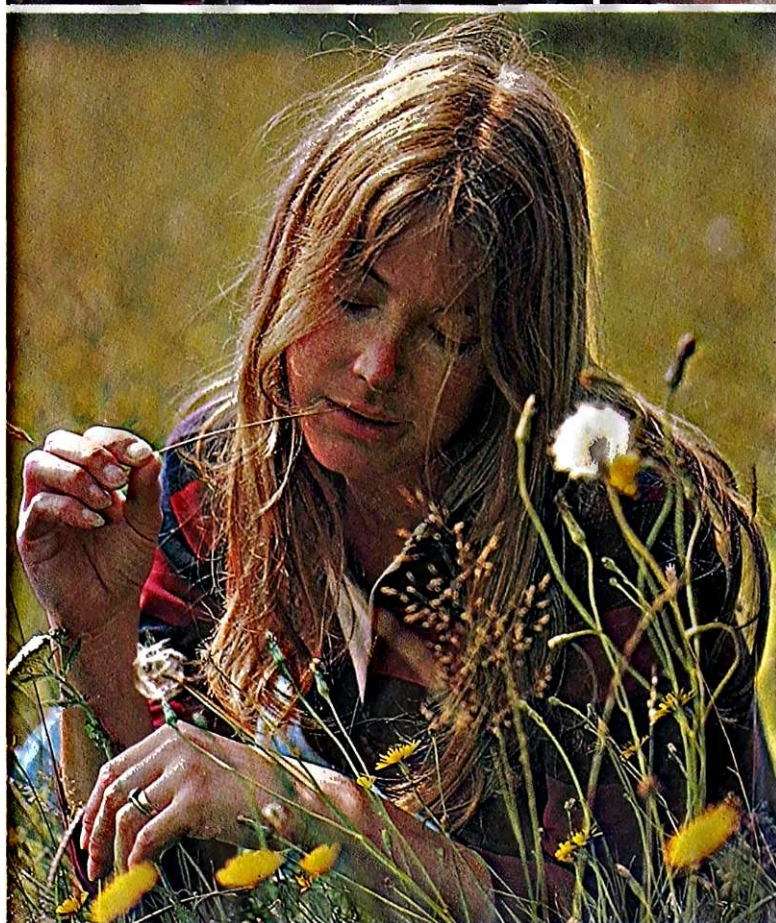
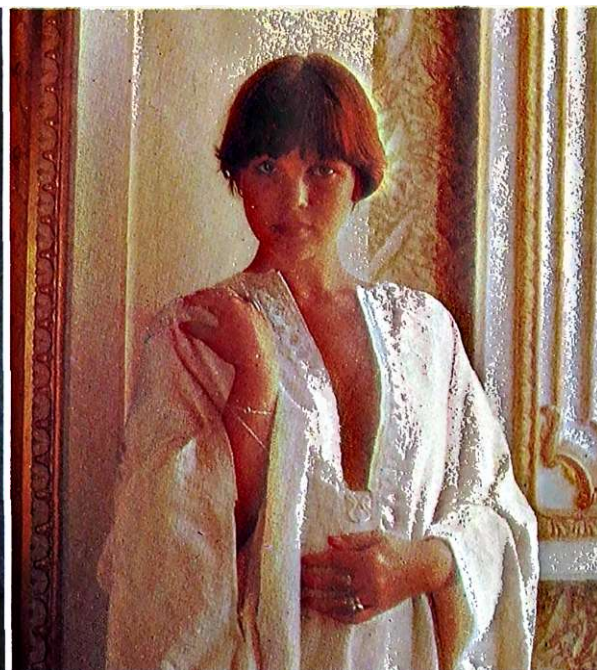
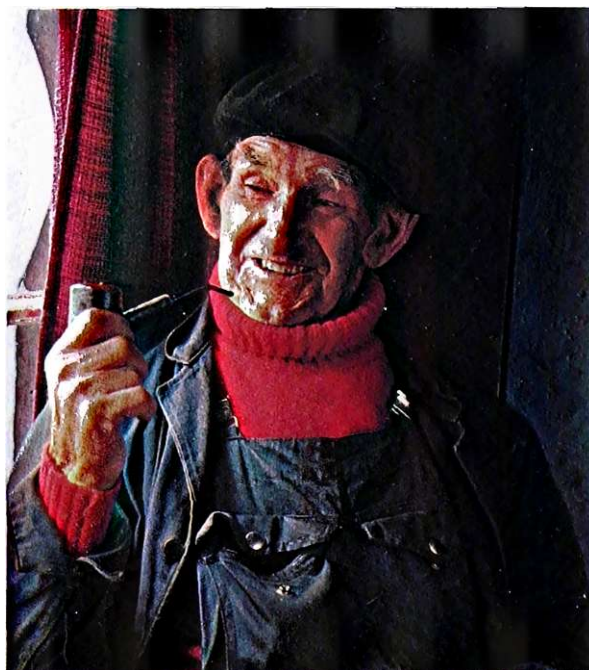


Фото 91.

Фотосъемка производилась при свете, проникающем через окно (слева в кадре). Для подсветки затененных участков лица использовался посеребренный рефлектор 1/30 с, 1:5,6, Ektachrome 200.

Фото 92.

Фотосъемка производилась при естественном свете, проникающем через окно, расположенное слева и сзади от девушки, рядом с правой кромкой кадра. Слева от камеры был размещен большой посеребренный рефлектор для компенсирования эффектов, связанных со съемкой «против света», падающего из окна. При съемке применялась насадка «мягкого фокуса», которая вместе с мягким освещением позволила получить малоконтрастный снимок без резких тональных переходов, прекрасно передающий нежность и изящество миловидной девушки. 1/30 с, 1:4, Ektachrome 64.

Фото 93.

При съемках людей часто возникает проблема, что делать с руками. Иногда эту проблему легко решить, если дать снимающемуся в руки, скажем, кончик шарфа или пояса. В данном случае эта проблема была решена довольно просто: девушка фотографировалась на фоне цветов и травы, поэтому кажется вполне естественным, что она держит в руке травинку. Кадр получился свободным и естественным. При съемке использовалась большая диафрагма, чтобы ограничить глубину поля зрения; в результате внимание концентрируется на самом объекте съемки.



Фото 94.

При фотосъемке солнце находилось позади девушки, и в результате на снимке проявились эффекты, возникающие при съемке против света. Для освещения лица и рук использовался посеребренный рефлектор, который устанавливался рядом с камерой, справа от нее. *1/125 с, 1:8, Ektachrome 64.*

Фото 95.

Фотосъемка производилась в студии с использованием электронной вспышки. Основной источник света размещался справа от камеры и был защищен зонтиком, дающим рассеянный свет с мягкими тенями. Для еще большей мягкости освещения использовался рефлектор, который устанавливался слева от девушки и освещал затененные участки лица. Для подсветки волос использовался дополнительный источник света, который размещался сверху и сзади головы модели. *Электронная вспышка, 1:32, Ektachrome 64.*

Фото 96.

Фотосъемка производилась в помещении при очень слабом освещении, что потребовало длительного времени экспонирования. По этой причине камера была установлена на штативе, а девушкам пришлось довольно надолго «замереть». Для подсветки затененных участков использовался белый рефлектор. *1/15 с, 1:8, Ektachrome 64.*

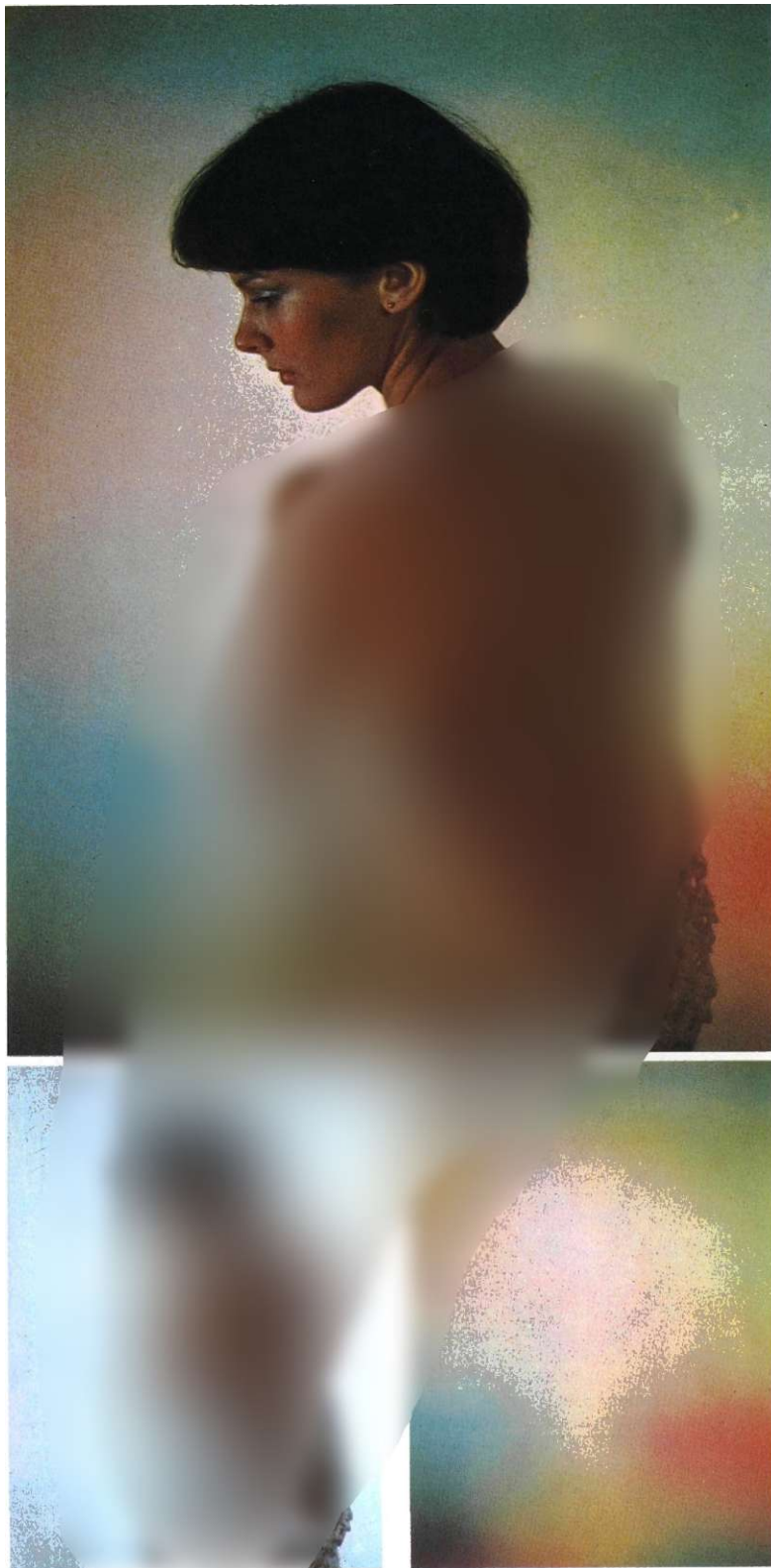


Фото 97.

Снимок получен путем наложения двух диапозитивов: изображения девушки на ровном белом фоне (*внизу, слева*) и изображения участка современной абстрактной картины, снятого с расстояния около 15 см объективом, настроенным на бесконечность (*внизу, справа*). В результате детали картины проявились как размытые пятна неопределенных очертаний. Фотография была специально передержана, чтобы получить легкое, прозрачное изображение в мягких пастельных тонах.

Фото 98.

Для получения фотографии сначала был изготовлен 35-мм диапозитив рисунка с изображением параллельных белых полос на темном фоне. Затем производилась фотосъемка девушки на темно-синем фоне, на которую проецировался полученный диапозитив. Камера располагалась рядом с оптической осью проектора. Выдержка устанавливалась по белым полосам фона, поэтому на фигуре девушки они оказались передержанными и на снимке вышли белыми.



Фото 99.

Тональность фона так же, как глубина резкости и проработки теней, зависит от характеристик источника света. *Слева* — фотосъемка производилась с использованием точечного источника света. *Справа* — фотосъемка производилась с использованием зонтичного софита. Оба снимка сделаны при одном и том же фоне и одинаковой освещенности объекта, как это следует из шкалы яркостей. Поскольку свет от точечного источника более направлен и меньше рассеивается, чем свет от зонтичного софита, в первом случае фон на фотографии выглядит светлее. Если фон при портретной съемке не подсвечивается отдельным источником света, то материал фона по тону должен быть светлее, чем на фотографии.

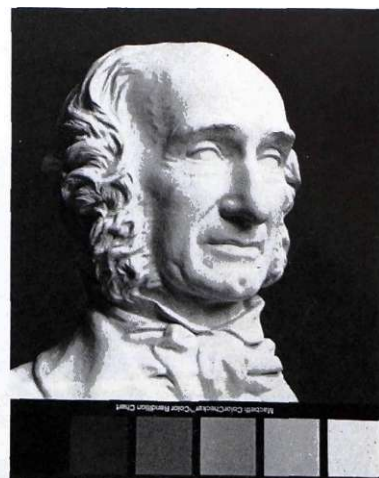
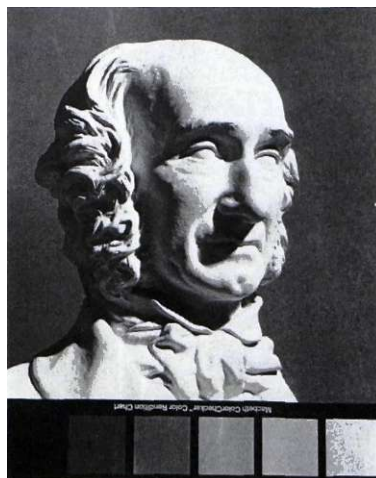
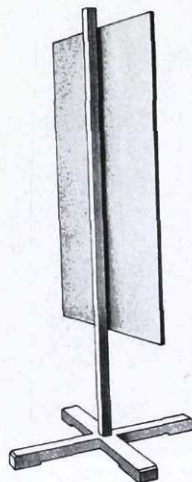


Рис. 86.

Простые и легкие в изготовлении источники освещения для портретной съемки, *а* — источник основного освещения, состоящий из софита, в центре которого укреплен фотографический зонтик; *б* — софит состоит из четырех перекальных фотоламп,



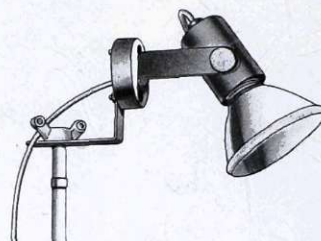
а



б



г



д

мала, чтобы их можно было использовать вместе с перекальными фотолампами, однако на практике чересчур теплые цветовые оттенки такой подсветки не очень заметны и не портят общего впечатления; *д* — дешевая телескопическая стойка является идеальным средством для крепления источников основного освещения и подсветки.



е

закрепленных на деревянной панели. Панель окружена металлическим экраном, предохраняющим объект от прямого света ламп; *в* — белый рефлектор, представляющий собой большой кусок белого полистирена, натянутый на подходящий жесткий каркас; *г* — осветительные лампы с отражателями для подсветки волос. Теоретически цветовая температура таких ламп слишком



Рис. 87.

Расположение дополнительных источников освещения и рефлектора относительно модели при портретной съемке.

Фото 100.

Вверху — фотосъемка производилась при основном освещении, которое могло быть вполне приемлемым при фотографировании мужчины, но оказывается слишком резким, если объектом съемки является симпатичная девушка. **В центре** — для

смягчения теней, создаваемых основным источником освещения, использовался белый рефлектор.

Внизу — к основному источнику освещения был добавлен еще один для подсветки волос. Увеличенное изображение было получено в результате фотосъемки, которая производилась с использованием основного источника освещения, рефлектора и двух дополнительных источников освещения для подсветки (внизу показано расположение дополнительных источников освещения и рефлектора относительно модели).

Фотосъемка живой природы

Фото 101.

Чайка в полете. Фотосъемка производилась с мачты судна, находящегося в открытом море. Белая птица на фоне синего неба — объект существенно более яркий по сравнению со средним, поэтому, если экспозицию выбрать на основе показаний экспонометра, измеряющего интенсивность отраженного объектом света, это приведет к недодержке. 135-мм объектив, 1/1000 с, 1:4, Ektachrome 64.

Фото 102.

Тупик. Фотосъемка производилась возле гнезда птицы, расположенного в скалах о-ва Фер. (Для съемки может потребоваться низкий штатив или какой-либо другой надежный упор.)

Прежде чем приступить к фотографированию живой природы, необходимо подробно ознакомиться с образом жизни предполагаемого объекта съемки. При этом, чем уникальнее животное или растение, тем больше должен знать о нем фотограф. Совершенно недопустимо, чтобы съемкой редких экземпляров занимался человек, не имеющий ни малейшего представления о возможных последствиях своих действий. Во многих странах действуют законы об охране окружающей среды, и поэтому там фотографирование некоторых видов животных возможно только при наличии специального разрешения. Но даже если такого разрешения и не требуется, каждый фотограф должен неукоснительно соблюдать правило, согласно которому объект съемки и среда его обитания неприкосновенны. Если в процессе съемки фотограф вынужден в той или иной мере изменить естественные условия обитания для объекта съемки (раздвинуть кусты или ветки, примять траву), то после ее окончания необходимо все вернуть к первоначальному виду и таким образом обеспечить безопасность объекта съемки.

Если фотографии редких животных или растений предполагается опубликовать или представить на выставку, то не следует указывать место съемки, поскольку всегда найдутся «энтузиасты», которые захотят воочию увидеть редкие

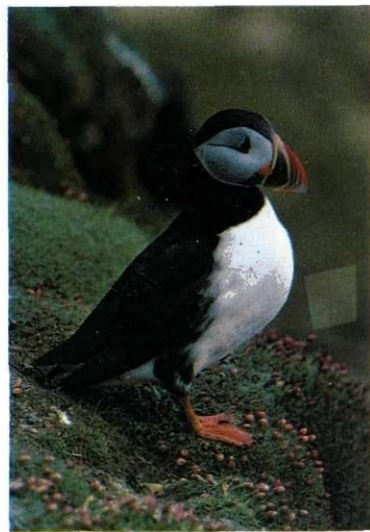


Фото 103.

Ракушечник. Фотосъемка производилась из укрытия с помощью 135-мм телеобъектива, 35-мм однообъективной зеркальной камерой. Съемка птиц в местах их гнездований требует знания повадок и поведения птиц во время высидывания яиц. Даже опытный фотограф может, сам того не желая, потревожить птицу и даже заставить ее покинуть гнездо.



Фото 104.

Обыкновенный перевозчик — птица, которую часто можно встретить на берегах рек или ручьев. Укрытие, расположенное в соответствующем месте на берегу реки, позволяет фотографу прибегнуть к «методу выжидания». Места, часто посещаемые птицами, можно определить по наличию отпечатков их ног на песке.



экземпляры, чтобы самим сфотографировать их или, еще того хуже, пополнить ими свою коллекцию.

Фотографирование птиц и животных

Одно из условий получения действительно хорошего снимка птиц состоит в том, чтобы расстояние между фотографом и объектом съемки было предельно малым. Поэтому фотограф вынужден либо сам подойти к птице как можно ближе, либо подманить ее к себе. Поскольку птицы очень пугливы, фотографировать их довольно трудно.

Большое скопление птиц можно наблюдать в местах их кормления, на водоемах или участках гнездования. В такие места фотограф может прийти заранее. Однако в любом случае, когда есть опасность, что присутствие фотографа может нарушить привычный образ жизни птиц, следует пользоваться укрытием.

Фото 105.

Обычная крачка. Наблюдая за жизнью птиц, можно найти оптимально удобное место для укрытия, чтобы получить желаемый снимок, не потревожив птиц. Крачка часто прилетала на небольшой островок, расположенный недалеко от берега затопленной каменоломни. *Nikon F, 500-мм зеркальный объектив, Nikkor, 1/250 с, Kodak Ektachrome 64.*



Фото 106.

Зимородок. Фотосъемка производилась из помещения в тот момент, когда птица совершала один из своих регулярных визитов, чтобы украсть золотую рыбку из бассейна. *Canon FL, 300-мм объектив, 1/250 с, 1:6,3, Kodak Ektachrome 64.*



Фото 107.

Ласточка, кормящая своих птенцов. Фотосъемка производилась через приоткрытую дверь с помощью 135-мм телеобъектива 35-мм однообъективной зеркальной камерой. Камера была установлена на штативе. Даже при съемке со вспышкой имеет смысл пользоваться штативом, так как это избавляет фотографа от необходимости длительное время держать камеру в руках в ожидании нужного кадра. При фотографировании птиц, которые для устройства своих гнезд любят использовать различные части здания, приходится использовать вспышку. Внезапная вспышка и щелчок фотозатвора могут потревожить птицу, и в результате она может покинуть гнездо до того, как выкормит свое потомство. Чтобы избежать нежелательных последствий нашего вмешательства в жизнь пернатых, не следует фотографировать их чаще одного раза в каждые четыре прилета родителей к гнезду.



Укрытие должно полностью скрывать фотографа и не отбрасывать нежелательных теней. Подходы к укрытию должны быть неприметными, само укрытие не должно привлекать внимание, а место съемки, где оно установлено, после окончания съемки должно иметь первоначальный вид.

Устанавливать укрытие надо в несколько этапов, постепенно перемещая его к намеченной точке съемки. Интервалы между очередными перемещениями должны быть достаточно длительными, чтобы птицы могли привыкнуть к каждому новому положению укрытия. Если на каком-то этапе окажется, что птицы встревожены присутствием фотографа, то последнему не остается ничего другого, как вернуться в исходное положение. Если подобное «отступление» не помогает, то съемку следует отложить.

Следует помнить, что укрытие нельзя ставить на «птичьей тропе». Нельзя также устанавливать укрытие в то время, когда птицы высиживают птенцов (это надо сделать заранее, сразу после окончания кладки яиц). Не следует также забывать о том, что применение длиннофокусного объектива позволяет увеличить расстояние до объекта и тем самым уменьшить вероятность испугнуть птиц. Кроме того, следует позаботиться о том, чтобы фотозатвор срабатывал как можно тише.

Когда укрытие окончательно установлено, то первое появление птиц следует использовать для анализа их поведения и изучения маршрутов их передвижения, а не для технической подготовки съемки. При фотографировании птиц, живущих вблизи водоемов и появляющихся у воды только после рассвета, необходимо проникнуть в укрытие затемно. Купающихся птиц или птиц, утоляющих жажду, удобно фотографировать из окна машины, остановив ее прямо у водоема.

Привлечь (подманить) птиц можно манком или чучелом. При умелом использовании эти приемы оказываются очень эффективными. Однако пользоваться ими надо предельно осторожно, особенно в период кормления птенцов.

Необходимость в специальном укрытии часто возникает и при фотографировании животных в естественных для них условиях. Многие животные обладают очень тонким обонянием и легко могут обнаружить присутствие человека по запаху. Поэтому при выборе места съемки важно учитывать преимущественное направление ветра и ставить укрытие с подветренной стороны.

При фотографировании животных, ведущих ночной образ жизни, обычно приходится использовать вспышку. В таких случаях необходимую фотоаппаратуру лучше установить заранее (желательно в дневные часы).

Укрытия. Чтобы подойти к объекту съемки как можно ближе и при этом не испугнуть его, фотограф должен сделать свое присутствие незаметным. Для этого можно воспользоваться простой накидкой с отверстиями для объектива или листом обычной белой бумаги (при съемках на снегу).

Фото 108.

Колибри в небольшом частном вольере. Большинство из нас лишены возможности фотографировать экзотических птиц в их естественных условиях. В подобных ситуациях имеет смысл воспользоваться услугами зоопарков и вольеров. Фоном служил выведенный из зоны резкости цветной фотоснимок растительности, помещенный в затененном углу. Чтобы остановить на снимке движение крыльев, использовались автоматические электронные вспышки с малым временем свечения и ручной регулировкой длительности вспышки при работе в неавтоматическом режиме. Длительность вспышки была установлена равной 1/73000 с. Поэтому для получения достаточной освещенности при малой диафрагме и необходимой удовлетворительной глубине резкости потребовались две вспышки, которые размещались над фотоаппаратом, чтобы избежать теней от птиц на фоне. Общее освещение было максимально слабым: дело в том, что максимальная скорость затвора при работе с электронной вспышкой составляет 1/60 с, и при такой длительности любое сильное освещение привело бы к тому, что на резкое изображение крыльев птиц при освещении электронной вспышкой наложилось бы их смазанное изображение. *Canon F1, 135-мм объектив + 9-мм промежуточное удлинительное кольцо, Sunpak Auto Zoom 4000, 1:11, Kodak Ektachrome 64.*

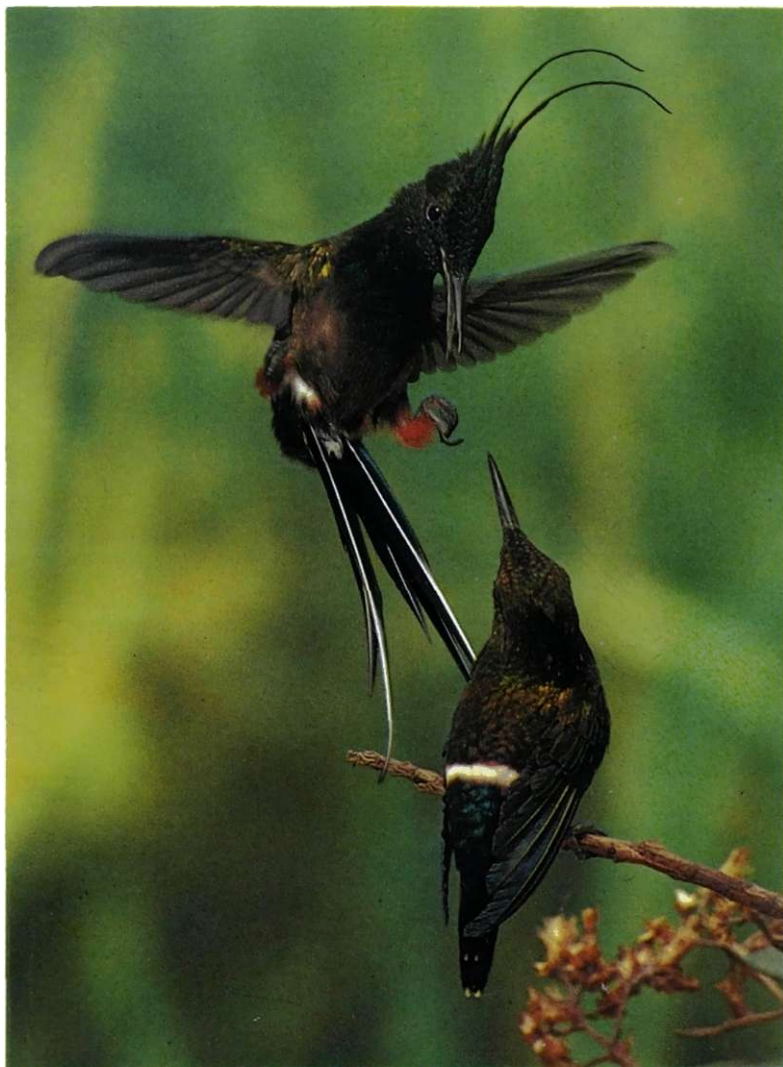


Фото 109.

Калифорнийская перепелка. Фотосъемка производилась сквозь сетку, окружающую владения птицы. Для получения достаточно крупного изображения птиц использовались 100-мм объектив и 35-мм камера. Камера была установлена против одной из ячеек сетки так, чтобы сетка не попала в кадр (размер ячеек составлял около 20 мм). На многих фотографиях, полученных таким образом, можно увидеть смазанные, блеклые следы сетки, однако в данном конкретном случае сетка практически не видна.



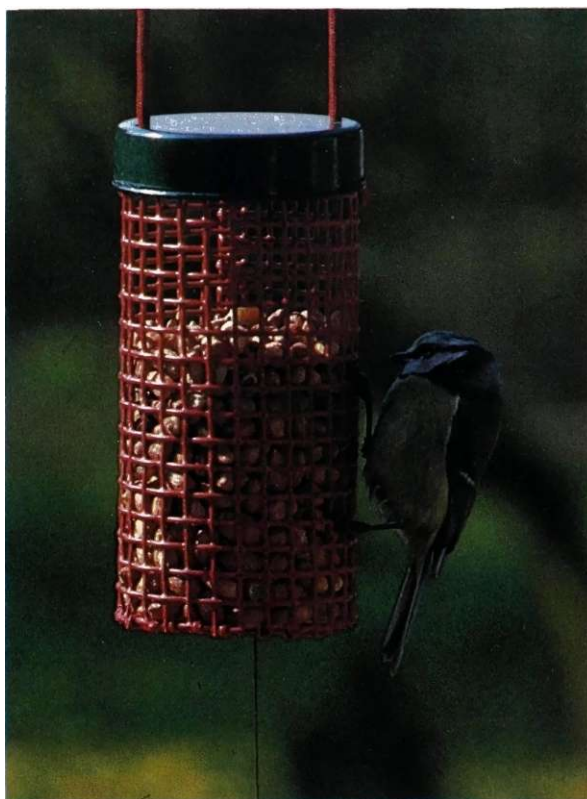


Фото 110.

Зимородок у кормушки, висящей за окном. Фотосъемка производилась из комнаты через небольшую щель между портьерами. *Слева* — кормушка была расположена очень близко к стеклу окна, поэтому естественное освещение проявилось в виде яркой полосы бокового света. *Справа* — к естественному освещению добавили вспышку, которую разместили непосредственно над камерой. По каким-то причинам зимородок не менял своей позы в течение довольно длительного времени, что позволило сделать серию почти идентичных фотографий.

Укрытие можно сделать из обыкновенной походной палатки.

Укрытие должно быть удобным и компактным, так как фотографу иногда приходится проводить долгие часы в ожидании интересного объекта съемки или длительное время находиться в пути в поисках такого объекта (сюжета).

Основными элементами укрытия являются жесткий легкий каркас и довольно темное непрозрачное покрытие (крыша). Цвет покрытия должен хорошо сочетаться с цветом окружающего фона. Для этой цели более всего подходят коричневые, серые и зеленые тона.

Каркас можно сделать из любого материала, например из деревянных реек, соединив их уголками. Крышу целесообразно сделать из водоотталкивающего материала типа полиэтилена, туго натянув его на каркас, но с небольшим уклоном, чтобы на крыше не скапливалась дождевая вода. Для устойчивости укрытие следует укрепить при помощи растяжек.

Любое укрытие должно иметь окна, допускающие достаточно большой обзор-через объектив камеры; окна должны быть расположены так, чтобы фотографу было удобно смотреть сквозь них. По периметру укрытие должно иметь несколько отверстий, снабженных чехлами. Из-за ограниченности поля зрения не всегда удобно рассматривать объект через объектив, поэтому имеет смысл на каждой стороне укрытия сделать дополнительное смотровое окно.

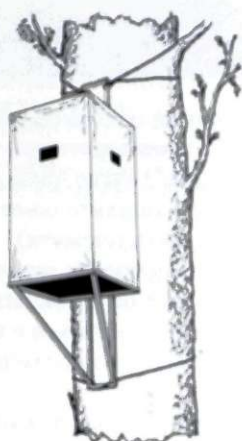
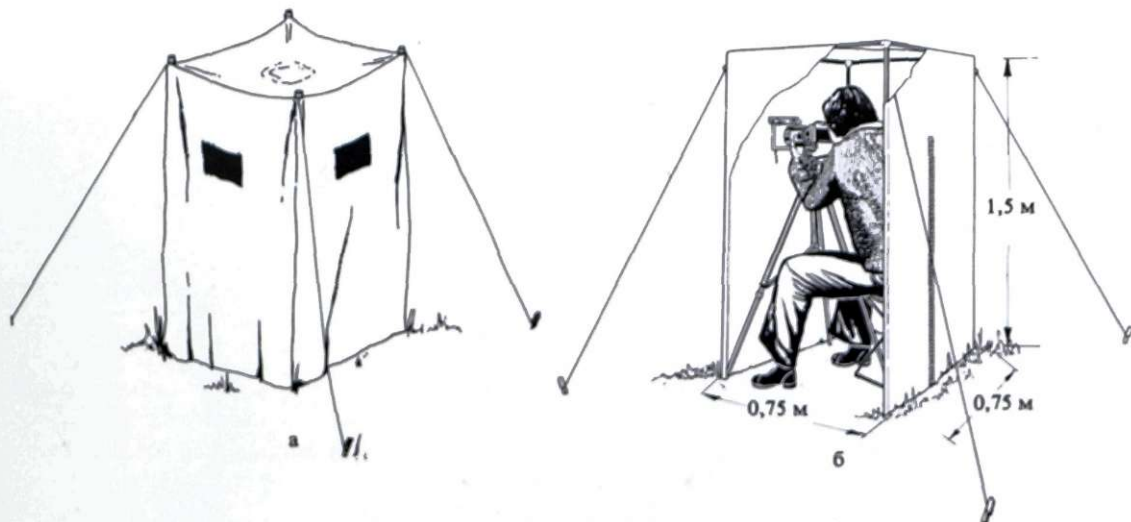
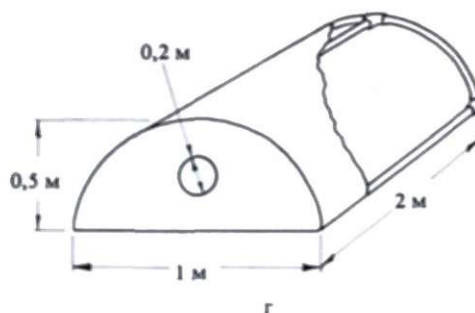


Рис.88.

а — укрытие неудачной конструкции: крыша укрытия никак не зафиксирована и может хлопнуть на ветру; *б* — укрытие улучшенной конструкции: крыша укрытия «аккреплена рейками, фиксирующими вертикальные стойки; ткань туго натянута на раму. Ткань следует замаскировать, чтобы скрыть контуры укрытия и сделать его незаметным на окружающем фоне. Для большей устойчивости укрытия у его основания можно прикрепить специальные карманы и наполнить их землей; *в* — конструкция

укрытия, устанавливаемого, например, на дереве. Основанием укрытия служат жесткие металлические уголки, скрепленные болтами (что позволяет в случае необходимости его быстро собрать и разобрать). Днище укрытия может быть сделано из 20-мм фанеры, прикрепляемой к основанию болтами. Основание укрытия и его крыша надежно прикрепляются к стволу дерева. Надежность крепления укрытия можно увеличить, поставив дополнительные оттяжки от верхних углов укрытия к земле; *г* — низкопрофильное укрытие, которое удобно использовать как на *кляе*, так и на лодке. Для лучшей маскировки, его можно покрыть сверху ветками.



Приблизительные размеры укрытия, рассчитанного на одного человека, даны на рис. 88. Естественно, эти размеры можно варьировать для каждого конкретного случая. Вообще говоря, надо стремиться делать укрытие как можно меньше, чтобы оно было практически незаметным.

Низкое укрытие, предназначенное, например, для того, чтобы прикрыть лодку при съемках на воде, можно сделать из подручных средств (рис. 88). Переднюю стенку укрытия можно сделать из куска 12-мм фанеры, а каркас (раму) — из металлических трубок. В качестве покрытия можно использовать мешковину, брезент или парусину.

Зоопарки и заповедники. К сожалению, фотограф не всегда имеет возможность наблюдать и фотографировать животных в привычных для них условиях. В таких случаях приходится довольствоваться съемкой в зоопарке или заповеднике, причем последняя является более предпочтительной, так как условия, в которых животные живут в зоопарках, лишь отдаленно напоминают те, в которых они живут на воле. Во многих заповедниках и парках пространство, где размещаются животные, окружено решеткой, сеткой или специальным барьером. Чтобы в кадр не попали подобные заградительные сооружения или окружающие здания, надо тщательно выбрать точку съемки. Если же это не удастся, то следует снимать с большой диафрагмой, что позволяет ограничить глубину резкости и тем самым сделать фон нерезким и незаметным. Применение телеобъектива помогает, как правило, заполнить весь кадр объектом съемки.

Животные в неволе обычно кажутся вполне миролюбивыми, однако их поведение часто совершенно непредсказуемо. Поэтому ради собственной безопасности фотограф всегда должен соблюдать правила и инструкции, действующие в заповеднике.

Фотографирование растений

Фотографирование растений — один из наиболее интересных аспектов съемки живой природы. Дело в том, что в любое время года почти всегда можно найти заслуживающие внимания объекты, многие из которых можно удачно снимать с минимальным дополнительным оборудованием.

Несмотря на то что растения можно считать относительно неподвижными объектами съемки, тем не менее во многих случаях фотографирование их является совсем не простым делом. Если снимок того или иного растения должен быть предельно достоверным, т. е. иметь научную ценность, то необходимо получить изображение всего растения, а не какой-то его части, что в свою очередь означает съемку в природных условиях. В подобных ситуациях приходится решать задачи, связанные с расположением камеры и выбором угла освещения и подходящего фона. Так, в случае низкорослых растений фотограф иногда вынужден снимать с очень низкой точки съемки. Для этого ему необходим миниатюрный штатив или тренога, на которой можно было бы укрепить камеру.

Фото 111.

Игуана. Фотосъемка производилась через стекло вивариума в зоопарке. Чтобы исключить блики от вспышки, находящейся немного сбоку от камеры, объектив размещался в непосредственной близости к смотровому стеклу.



Фото 112.

Львенок. Фотосъемка производилась в тени на площадке молодняка в зоопарке с использованием автоматической вспышки. Чтобы львенок вел себя спокойно в течение съемки, сотрудник зоопарка посадил его себе на плечо.

Фото 113.

Колючие мыши. Для фотосъемки использовалась клетка, передняя стенка которой была сделана из стекла.

Фото 114.

Хомячок. Для фотосъемки использовался специальный деревянный ящик со стеклянной передней стенкой. Чтобы создать условия, похожие на естественные, в ящик положили камни и землю. Камера находилась очень близко к стеклу, а электронная вспышка помещалась над камерой, чтобы смоделировать естественное освещение. Маленькие животные, вроде такого хомячка, могут двигаться очень быстро, поэтому при съемке необходим помощник, который бы переносил их с «постоянного» места жительства в ящик и обратно.



Фото 115.

Группа слонов. Фотосъемка производилась с очень низкой точки съемки. В результате получился снимок, имитирующий фотосъемку в естественных для животных условиях: благодаря удачному выбору высоты точки съемки ограничивающая вольер сетка не попала в кадр.



Фото 116.

Отдыхающий верблюжонок, голова которого покинется между горбами мамы. (При съемке животных надо всегда быть готовым к неожиданным сценам.)



Фото 117.

Необычная картина: африканские слоны на фоне английского заснеженного ландшафта.



Фото 118.

Гепард. Фотосъемка производилась 100-мм объективом и 35-мм камерой через закрытое окно автомашины.

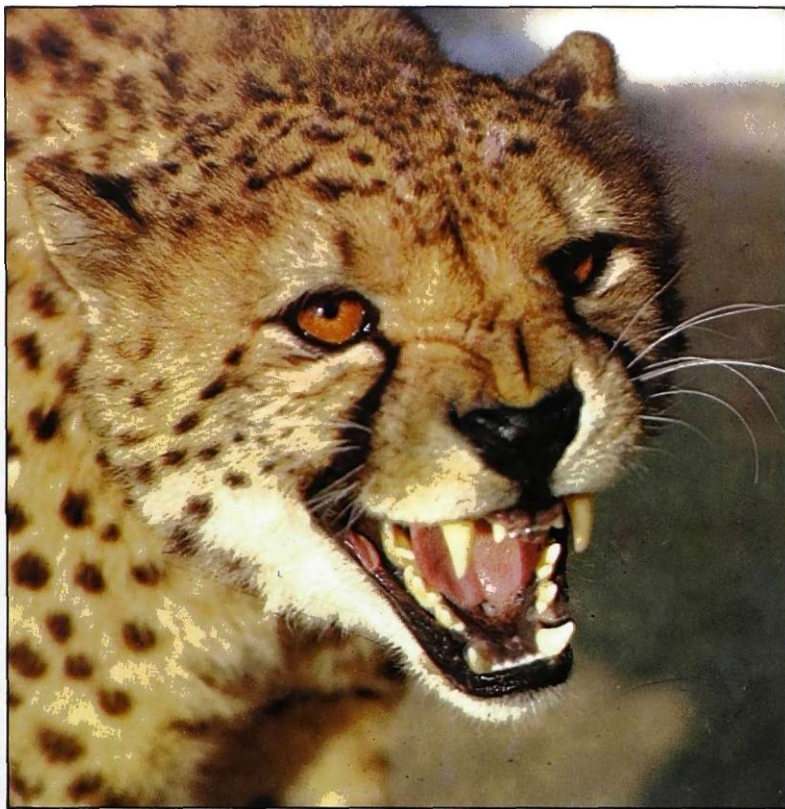
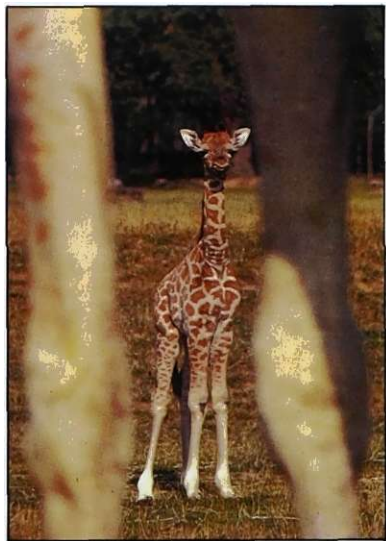


Фото 119.

Изображение детеныша жирафа в рамке, «образованной» ногами его взрослого сородича. Готовясь сделать подобный снимок, надо заранее установить выдержку, чтобы в момент съемки оставалось лишь навести объектив на фокус: интересные моменты могут длиться лишь долю секунды.

Фото 120.

Мухомор *Amanita muscaria*. Фотосъемка производилась в глухой лесной чащобе с применением электронной вспышки в качестве дополнительного источника света. Направление излучения вспышки было тщательно скорректировано, чтобы имитировать солнечный свет. *Pentax*, 55-мм объектив, естественное освещение и электронная вспышка, 1/30 с, 1:8, *Kodachrome* 25.



Фото 121.

Расположение цветов в кадре — удачная сбалансированная композиция. Если объект съемки достаточно велик, как эти водяные лилии, то можно получить крупное изображение с близкого расстояния без применения каких-либо дополнительных приспособлений для макросъемки.



Фото 122.

При фотосъемке цветов в большом количестве, как эти тюльпаны, имеет смысл включить в кадр обширные яркие области, а не концентрировать внимание лишь на одном или двух цветках.

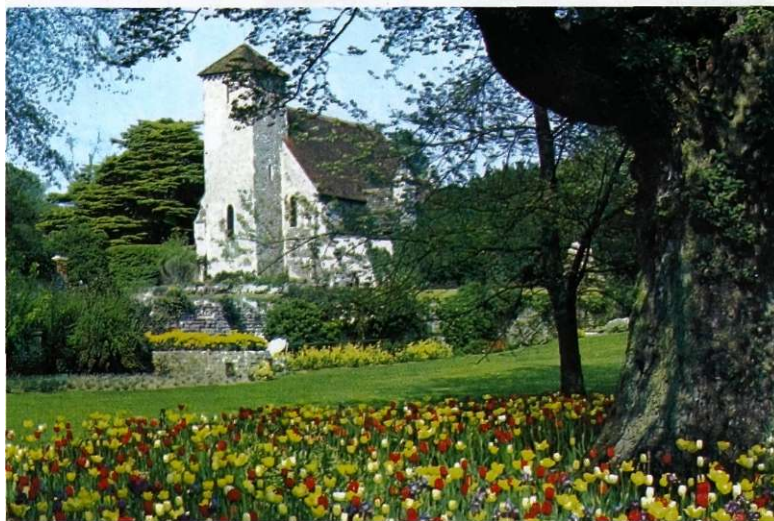


Фото 123.

Даже самые обыденные объекты, как, например, листья (*слева*), стоит обследовать со всех ракурсов, чтобы полностью оценить их потенциальные возможности с точки зрения получения эффектного снимка. Фотографируя листья с другой стороны, так чтобы они освещались лучами солнца, проходящего сквозь них, можно получить более красочный и интересный снимок (*справа*).



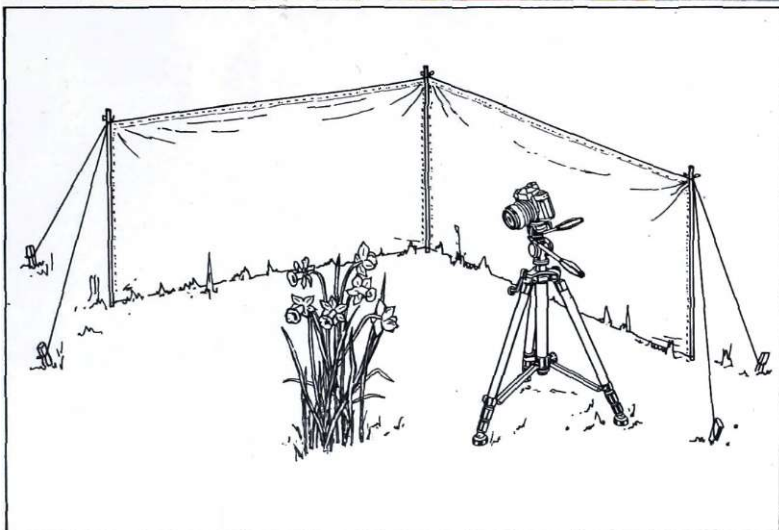


Фото 124.

Цветы недлинных стеблях, подобные этим ромашкам, при малейшем дуновении ветерка качаются из стороны в сторону. Обычно для получения нужной глубины резкости требуется маленькая диафрагма и сравнительно небольшая скорость затвора. Чтобы получить при этом резкое изображение, перед съемкой дрожание цветов приходится устранять. С подветренной стороны от цветка и от камеры устанавливают экран и таким образом стабилизируют положение цветка. Необходимо следить за тем, чтобы какая-либо часть экрана не попала в кадр.

Рис. 89.

Для съемки объектов, расположенных вблизи поверхности земли, можно использовать штативы, позволяющие крепить камеру под центральной стойкой между «ногами» треноги.



Если съемка осуществляется в условиях естественного освещения (солнечного света), то не исключено, что фотографу придется ждать, пока солнце не займет нужное положение на небосводе. В тех случаях, когда естественного освещения недостаточно или когда свет падает неудачно (т. е. угол падения солнечных лучей не соответствует требованиям съемки), можно прибегнуть к помощи лампы-вспышки. Однако пользоваться лампой-вспышкой следует аккуратно, чтобы растение выглядело естественно.

При съемках растений важное значение имеет фон в непосредственной близости к растению: яркий или очень светлый фон будет отвлекать наше внимание от главного объекта съемки. Если не удастся найти такую точку съемки, которая позволила бы избавиться от этого эффекта, можно попробовать снимать с большой диафрагмой и таким образом добиться резкого изображения только объекта съемки (растения).

Подводная фотосъемка

Фотографирование под водой является одним из наиболее сложных в техническом отношении видов фотосъемки и требует не только изобретательности, но и большой физической выносливости. Вообще успех гарантирован только в том случае, когда фотограф имеет полное представление о технических возможностях используемой им аппаратуры и производит съемку в соответствии с существующими правилами.

Оптические ограничения

При подводной съемке важно учитывать оптические характеристики воды. Так, например, не следует забывать, что показатель преломления воды больше, чем воздуха, и поэтому при использовании плоского стекла для предохранения объектива от воздействия воды угол зрения последнего сужается. В результате объекты кажутся на одну треть расстояния ближе, чем есть на самом деле, и поэтому выглядят крупнее. Поскольку камера «воспринимает» объект так же, как глаз, фокусировать объектив надо на кажущееся расстояние, а не на реальное.

Чистую воду можно рассматривать как среду, обладающую свойствами голубого светофильтра. «Кратность» такого фильтра составляет примерно 10 единиц цветовой компенсации на 1 м оптического пути, представляющего собой сумму расстояний от источника освещения до объекта съемки и от объекта съемки до камеры¹. Одним из факторов, влияющих на окраску воды и ограничивающих видимость, является наличие планктона и взвешенных илистых отложений. Как правило, когда видимость меньше 10 м, вода имеет зеленоватый оттенок, а не голубой. С увеличением расстояния

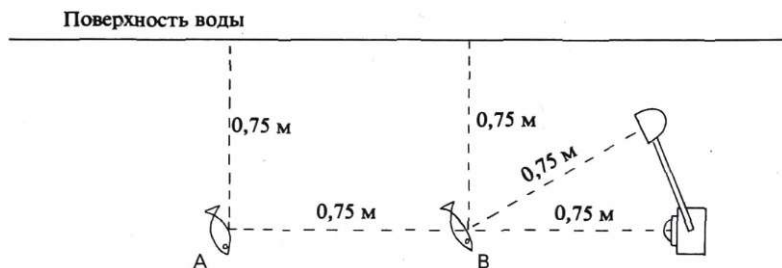


Рис. 90.

Для цветовой коррекции объекта А при длине светового пути, равной 2,25 м, требуется фильтр СС30R, а для коррекции объекта В при длине светового пути 1,5 м — фильтр СС20R независимо от типа используемого источника освещения (дневной свет или вспышка).

¹ В единицах цветовой компенсации измеряются характеристики специальных компенсационных фильтров, предназначенных для цветной съемки. — *Прим. ред.*

Фото 125.

Морской ерш. Фотосъемка производилась в Красном море. *Mamiya RB67*, электронная вспышка, 1:22, *High Speed Ektachrome*.

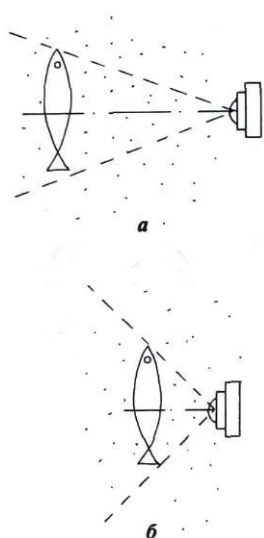


Рис. 91.

Наличие в воде взвешенных части! снижает контрастность изображения (а). При съемке широкоугольным объективом объект можно сфотографировать с более близкого расстояния, в результате чего улучшается качество изображения (б).

от поверхности воды содержание красной компоненты в спектре белого света уменьшается, и, если необходимо сохранить естественный цвет объектов съемки, следует использовать фильтр типа СС (фильтр цветной компенсации), корректирующий цветовые искажения. Практически такая компенсация оказывается удовлетворительной только на глубине нескольких метров от поверхности воды вследствие быстрого увеличения необходимой кратности фильтра и соответствующего увеличения времени экспонирования (приблизительно на 1 ступень на каждые 30 единиц цветовой компенсации). При съемке в чистой воде следует применять красные СС-фильтры, а в мутной — пурпурные.

В очень мутной воде поглощение света может быть настолько сильным, что даже при съемке на глубине 10 м возникает необходимость в дополнительном освещении. В таких случаях применяют лампу-вспышку, которую устанавливают на корпусе камеры. Это дает возможность обеспечить необходимое время экспонирования, поскольку оно будет зависеть не только от естественного света, проника-

ющего с поверхности воды. Кроме того, кратковременность действия вспышки (порядка $1/1000$ с) позволяет «заморозить» движение камеры или объекта съемки, а достаточная интенсивность ее излучения обеспечивает хорошую насыщенность и правильную передачу цвета. Даже когда не требуется дополнительного освещения, вспышка может быть использована для восстановления поглощенных цветов.

Присутствие в воде взвешенных частиц уменьшает не только видимость, но и контрастность. Для сохранения четкости и резкости изображения приходится осуществлять фотосъемку с минимально возможного расстояния. По этой причине фотосъемка большинства подводных объектов производится, как правило, широкоугольными объективами. При съемках на черно-белую пленку контрастность можно повысить, используя желтый фильтр. Кроме того, повышению контрастности способствует также небольшое увеличение времени проявления с соответствующим сокращением экспозиции. Следует, однако, избегать длительного проявления, поскольку большие однотонные участки на снимках, полученных при подводной съемке, не позволяют скрыть зернистость изображения. Вообще хорошие фотографии при подводной съемке получаются в пределах трети зоны видимости, а при использовании вспышки — в пределах четверти зоны видимости.

Оборудование

Для подводных съемок выпускается различная аппаратура, начиная от полностью герметичной камеры, которая непосредственно погружается в воду (фактически только одной марки Nikonos), до обычных камер, снабженных водонепроницаемым футляром (боксом) из пластика и металла. Такие боксы выпускаются американской фирмой Ikelite для аппарата Polaroid SX70. Самой удобной для подводной съемки является камера Nikonos, особенно в сочетании с объективами и насадками, которые производятся различными фирмами, в том числе и фирмой Nikon. Однако для достижения оптимальных результатов при съемке камерой Nikonos приходится использовать различные дополнительные устройства, устанавливаемые на камеру и позволяющие обеспечить хорошую кадрировку и фокусировку, особенно при съемке с близкого расстояния, когда границы кадра играют решающую роль. Более широкие возможности современных однообъективных зеркальных камер используются для «художественных» съемок, а ассортимент имеющихся в продаже боксов способен удовлетворить самого требовательного фотографа. Для широкоугольных объективов выпускаются боксы с корректирующей оптикой, позволяющей избежать оптических искажений и сужения поля зрения объектива. В простейшем виде такая оптика представляет собой прозрачный купол (обычно из пирекса), через который работает объектив камеры. При съемке однообъективной зеркальной камерой возникает проблема наводки на резкость,



Фото 126.

Фотосъемка производилась с близкого расстояния камерой Nikonos с использованием дополнительных приспособлений, включая рамку —ограничитель кадра. (Особого внимания заслуживает дощечка для записей данных о съемке.)

Рис. 92.

Камера Nikonos с приспособлениями для макросъемки и рамкой-ограничителем кадра.



Фото 127.

Угорь. Фотосъемка производилась в Красном море. *Mamiya RB67*, электронная вспышка, 1:22, *High Speed Ektachrome*.

Рис. 93.

Металлический бокс, предназначенный для однообъективной зеркальной камеры Nikon F2 или Canon, с мощной электронной вспышкой.



Рис. 94.

Плоское окно бокса сужает угол зрения объектива (а), поэтому окно делают сферической формы (б).

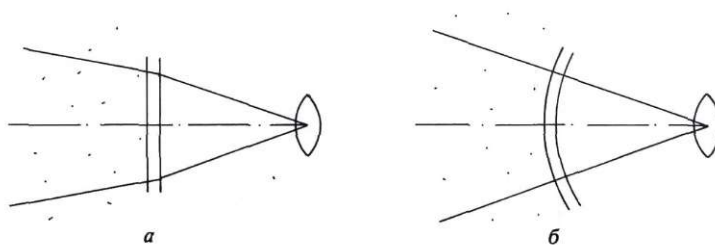
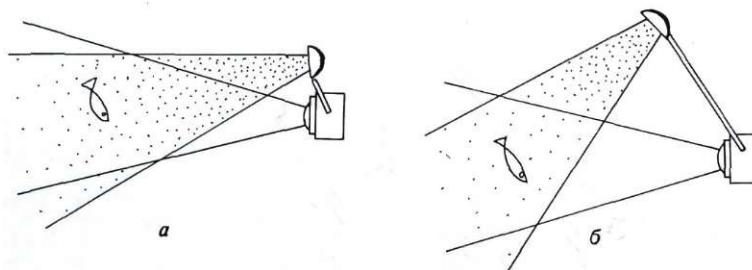


Рис. 95.

Вспышка, расположенная рядом с камерой, сильно высвечивает взвешенные в воде частицы (а). Результат будет намного лучше, если расположить вспышку на некотором расстоянии от оптической оси объектива (б).



поскольку невозможно приблизить глаз достаточно близко к окну видоискателя, чтобы видеть весь кадр. Наиболее совершенны (с точки зрения быстроты фокусировки и определения границ кадра) сменные видоискатели, выпускаемые фирмами Nikon и Canon и предназначенные для быстрой фотосъемки.

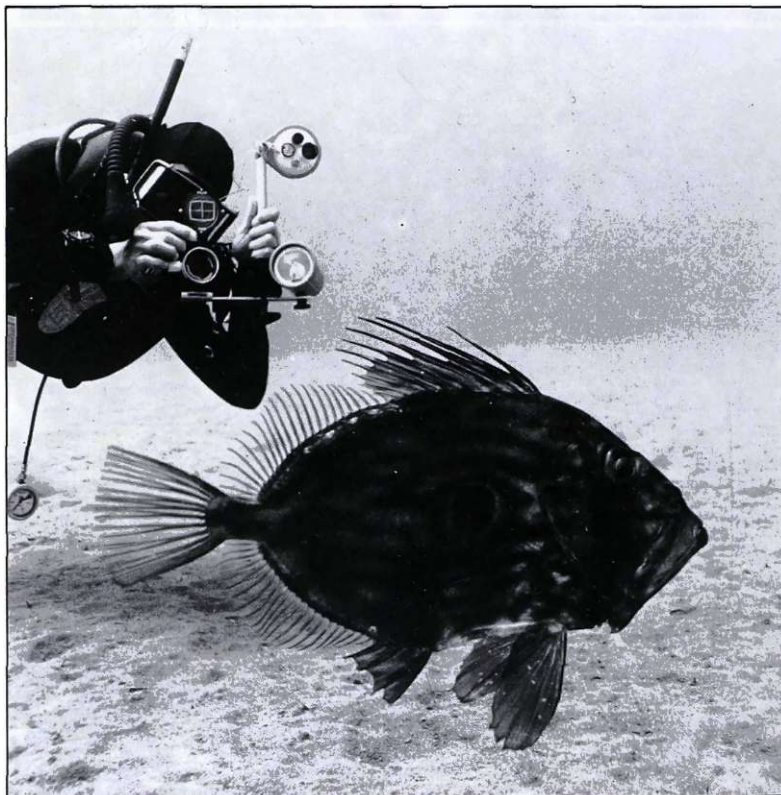


Фото 128.

Рыба солнечник. Фотосъемка производится камерой Nikonos с использованием электронной вспышки.

Фото 129.

Стайка рыб. Фотосъемка производилась на глубине 30 м. *Mamiya RB67*, 50-мм широкоугольный объектив, 1/60 с, 1:5,6, Tri-XPan.

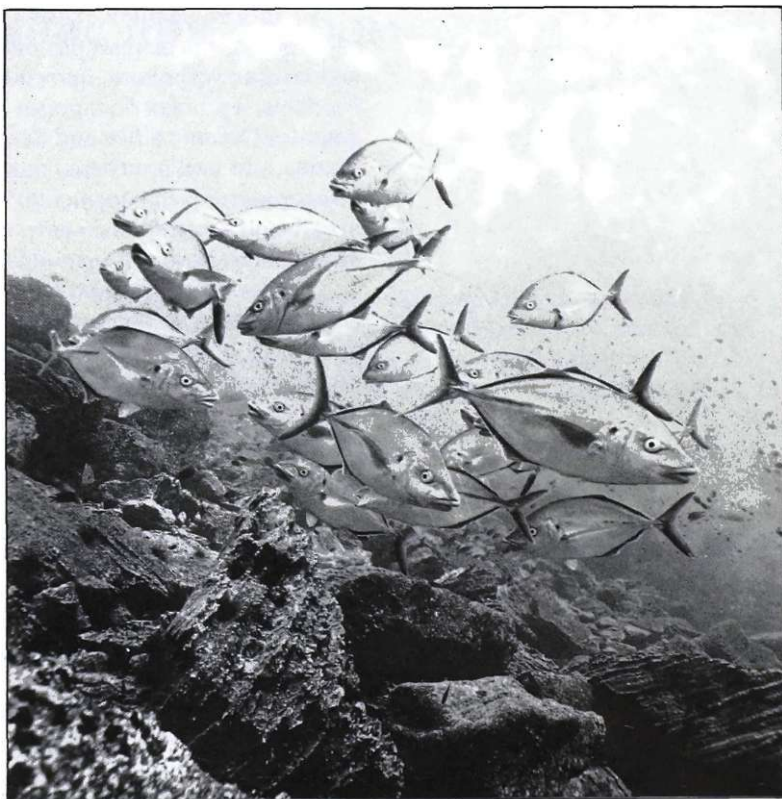
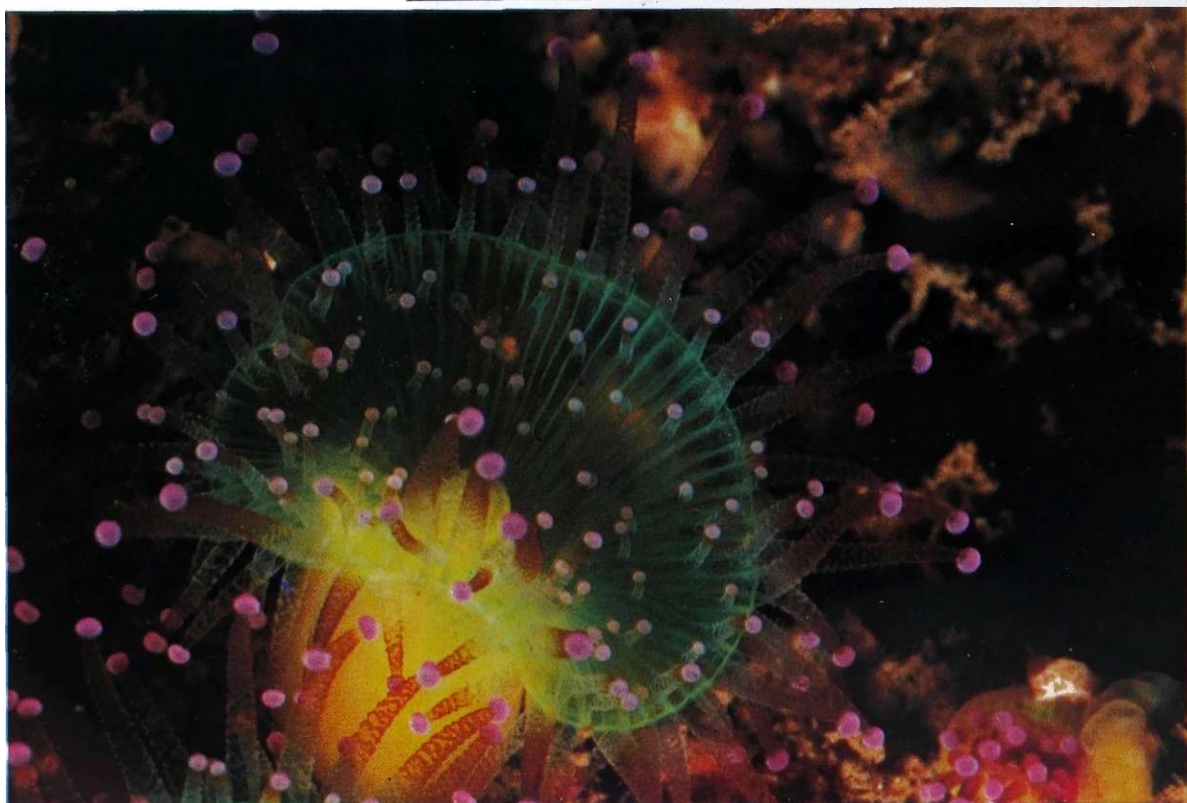


Фото 130.

Анемон (приблизительно вдвое больше натуральной величины). Фотосъемка производилась у побережья Девона (Англия); использовалась камера Nikonos с удлинительными кольцами.



Для подводной съемки выпускаются специальные электронные вспышки различной мощности, начиная от небольших устройств, производимых фирмами Philips и Oceanic Products, и кончая большими лампами, производимыми фирмами Oceanic и See and Sea. Конструкция этих вспышек такова, что они пригодны для съемки очень широкоугольными объективами (угол зрения 90° и больше) и включают в себя несколько элементов со встроенными сенсорами для последовательного неоднократного экспонирования.

Для измерения экспозиции используется специализированный прибор с приемником из сернистого кадмия (фирмы Sekonic) и обычный селеновый экспонометр с боксом из поликарбонатного стекла (фирмы Sekonic). Многие фотографы предпочитают использовать боксы собственного изготовления, самым простым из которых является стеклянная банка из-под джема.

Следует иметь в виду, что спектральная чувствительность сернистокадмиевого приемника смещена в сторону красной компоненты границы спектра. Поскольку относительное содержание сине-голубой составляющей велико, фотосъемка на основе показаний некомпенсированного сернистокадмиевого элемента может привести к сильной передержке. От указанного недостатка свободен селеновый приемник типа Weston; его реакция на воздействие света ближе к реакции фотографического эмульсионного слоя.

Фотографирование при слабом освещении

Фотосъемка в сумерках или в ночное время суток требует дополнительного освещения. Кроме того, поскольку время экспонирования увеличивается, необходимо пользоваться штативом, чтобы исключить нежелательное дрожание камеры в процессе съемки.

Освещенные (иллюминированные) здания и неоновую рекламу лучше фотографировать в сумерках, когда еще

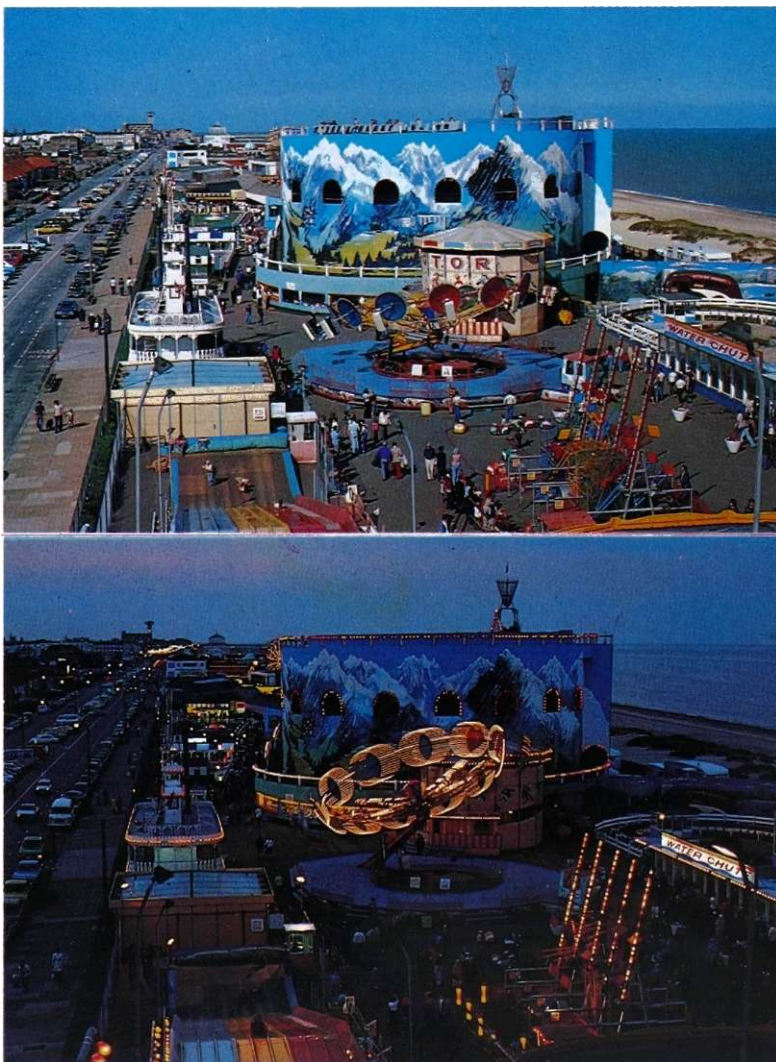


Фото 131.

Для компенсации недостаточного освещения при фотосъемках после наступления темноты приходится устанавливать большую диафрагму и большую выдержку. *Вверху* — фотосъемка производилась при ярком солнечном освещении, $1:5,6$, $1/250$ с; *внизу* — тот же объект, но сфотографированный в сумерки, $1:4$, $1/4$ с, т. е. экспозицию пришлось увеличить почти в 100 раз.

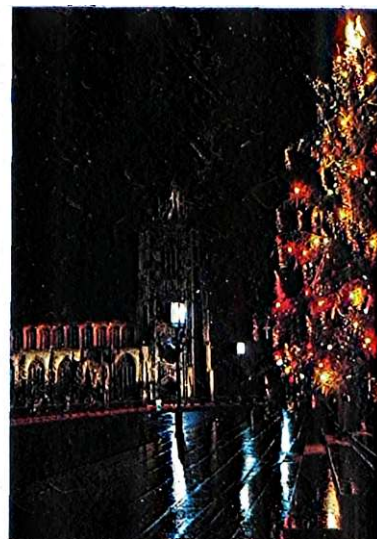
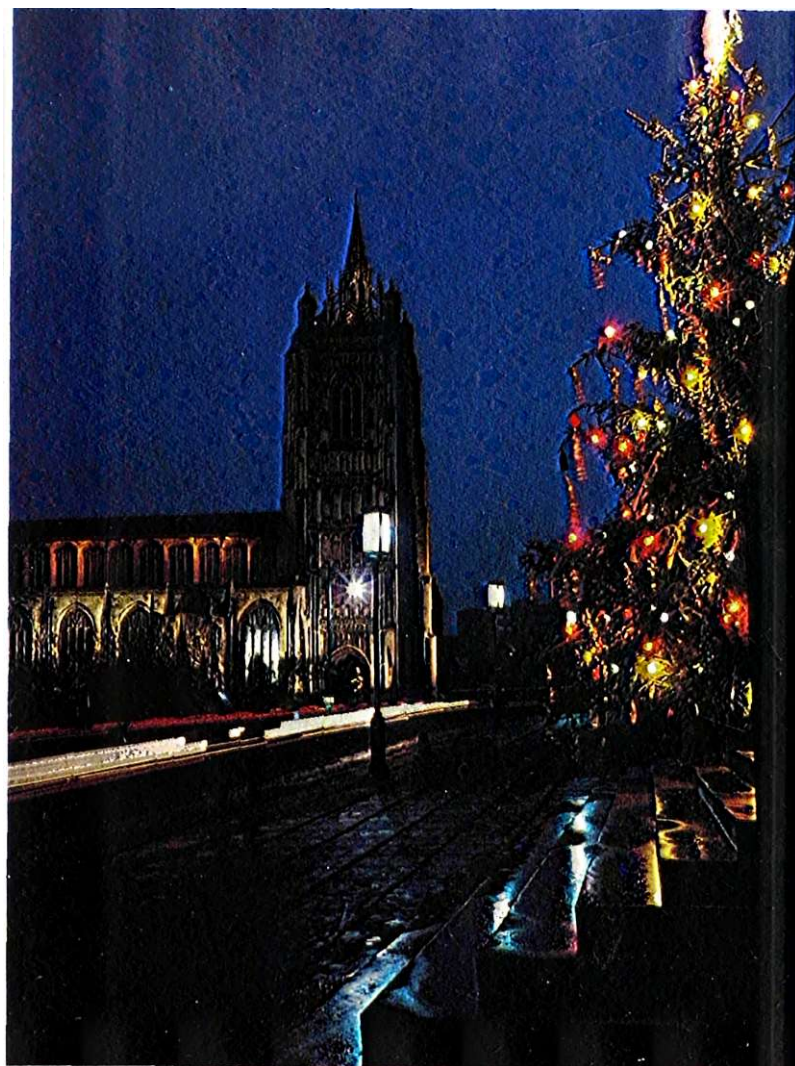


Фото 132.

Слева — собор в Норвиче (Англия). Фотосъемка производилась в сумерки, когда небо было еще освещено заходящим солнцем. Неосвещенные части собора — крыша и шпиль — четко выделяются на фоне неба; справа — тот же собор, но сфотографированный на полчаса позже. Неосвещенные части собора сливаются с небом и контуры здания теряются. Оба снимка: *Nikkormat*, 8 с, 1:5,6, *Kodachrome II*.

Фото 133.

Готовясь к съемкам в ночное время, имеет смысл обзавестись небольшим фонариком, чтобы было удобно устанавливать (нужные выдержку и диафрагму).

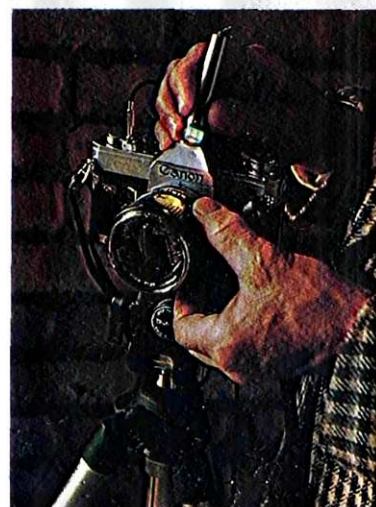


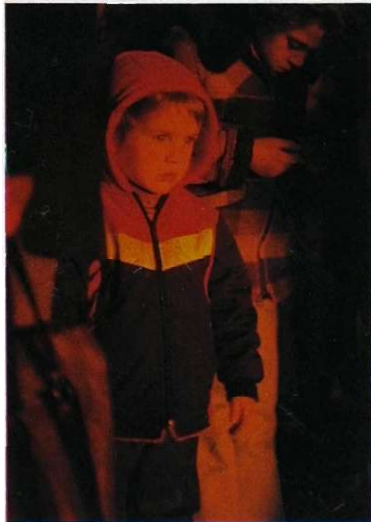
Фото 134.

При фотосъемках в темноте необходима большая выдержка. Однако при этом движущиеся объекты оказываются «смазанными», а движущийся источник света воспроизводится на снимках в виде ярких полос. В данном случае фотограф сознательно снимал с большой выдержкой, чтобы лучше передать ощущение вращения. $1/15$ с, $1:5,6$ Ektachrome 64.



Фото 135.

При фотографировании салюта затвор следует установить в положение В и держать открытым, чтобы в кадр «попало» несколько последовательных залпов. Слева — фотосъемка производилась с большой выдержкой, что позволило получить «трассирующие» вспышки салюта. При съемках на пленку чувствительностью 64 АСА необходима диафрагма порядка $1:8$, хотя можно попробовать снимать и при других близких значениях; справа — фейерверк в виде букета' светящихся брызг — результат фотосъемки с малой выдержкой ($1/60$ с).



достаточно естественного освещения для выделения контуров здания на фоне неба. Дело в том, что при съемке в полной темноте здание и небо сливаются и изображение здания на снимке становится очень контрастным: освещенная часть объекта (сюжета) без какой-либо проработки неосвещенных деталей.

Фото 136.

Фотосъемка производилась при свете костра. Экспозиция выбиралась в расчете на пленку для дневного света, поэтому освещение с низкой цветовой температурой придает снимку красноватый оттенок, что в свою очередь хорошо передает ощущение тепла от костра. $1/15$ с, $1:1,4$, Ektachrome 200.

Интересные фотографии ночного города могут быть получены при съемках в сумерках после дождя, когда улицы и площади блестят от воды. В этом случае в кадр попадает не только объект съемки, освещенный (залитый) ярким светом неоновых реклам, но и отражение огней рекламы на мокрой поверхности тротуара или мостовой. При таких съемках можно пользоваться как цветной пленкой для дневного света, так и пленкой для искусственного освещения; первая подчеркивает теплоту искусственного освещения, а вторая усиливает



Фото 137.

Витрины лучше всего фотографировать вечером, когда можно наиболее эффектно продемонстрировать замыслы их оформителей. При этом надо стремиться, чтобы возможные отражения света от стекла витрины были минимальными. *Слева сверху* — фотосъемка производилась без фильтра на пленку для дневного света, снимок оказался слишком «теплым» по цвету, так как лампы, выставленные в витрине, — обычные лампы накаливания; *справа сверху* — для получения цветового баланса фотосъемка производилась с фильтром Wratten 80A; *слева внизу* — фотосъемка производилась с фильтром Wratten 80A и дополнительным поляризационным фильтром, чтобы убрать отражения света от витрины магазина, расположенного на другой стороне улицы; *справа внизу* — фотосъемка производилась так же, как и в предыдущем случае, но с добавлением «звездного» фильтра, чтобы получить звездочку-венчик вокруг каждой яркой лампы.





Фото 138.

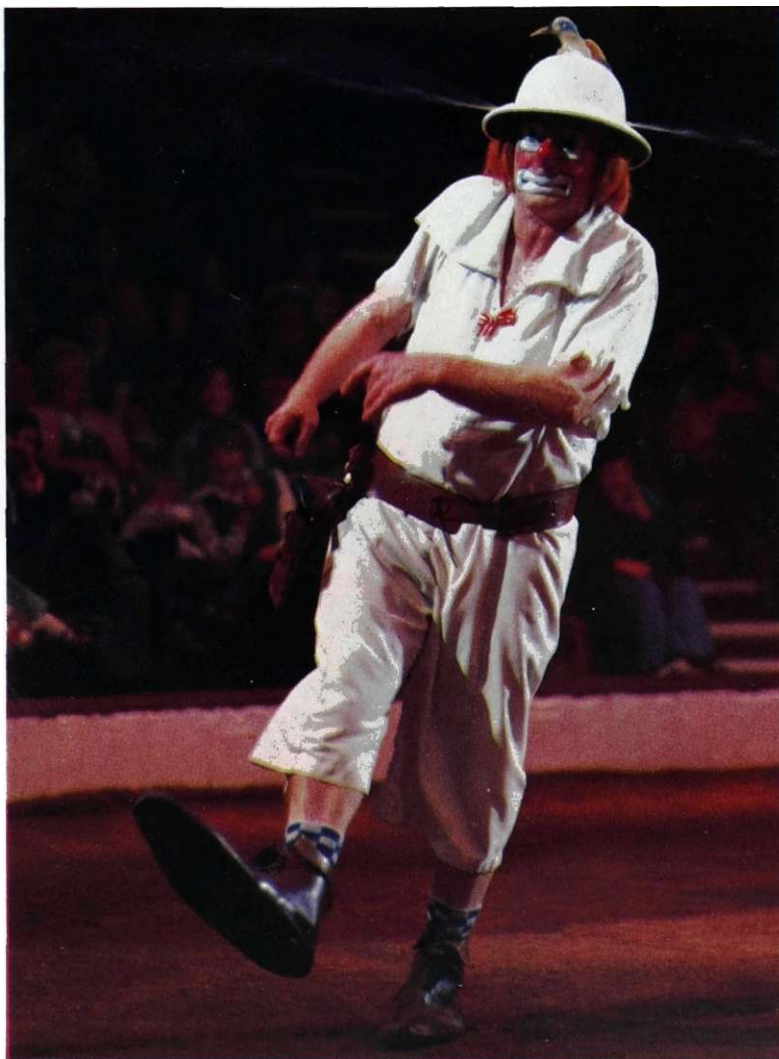
Станция космической связи в Уаркворте (Новая Зеландия). Фотосъемка была тщательно спланирована заранее. Сначала с помощью телеобъектива был сделан снимок луны при диафрагме 1:5,6 с выдержкой 1/125 с. Затем через несколько дней на этот же кадр была сфотографирована антенна при диафрагме 1:8 с выдержкой 1/8 с. (С разрешения фирмы Robin Smith Photography Limited.)

Фото 139.

Фотосъемка производилась с помощью длиннофокусного объектива, что позволило получить довольно крупное изображение артиста, раскачивающегося на канате. Объектив был сфокусирован на одно из крайних положений артиста, раскачивающегося на канате, в тот момент, когда артист оказался в этом положении. *Nikkormat, 85-мм объектив, 1/125 с, 1:2, Kodak Ektachrome 160.*

Фото 140.

Клоун, идущий по краю арены. Камера была сфокусирована на определенное место арены и съемка производилась в тот момент, когда клоун оказался в этом месте. *Nikkormat, 85-мм объектив, 1/125 с, 1:2, Kodak Ektachrome 160.*



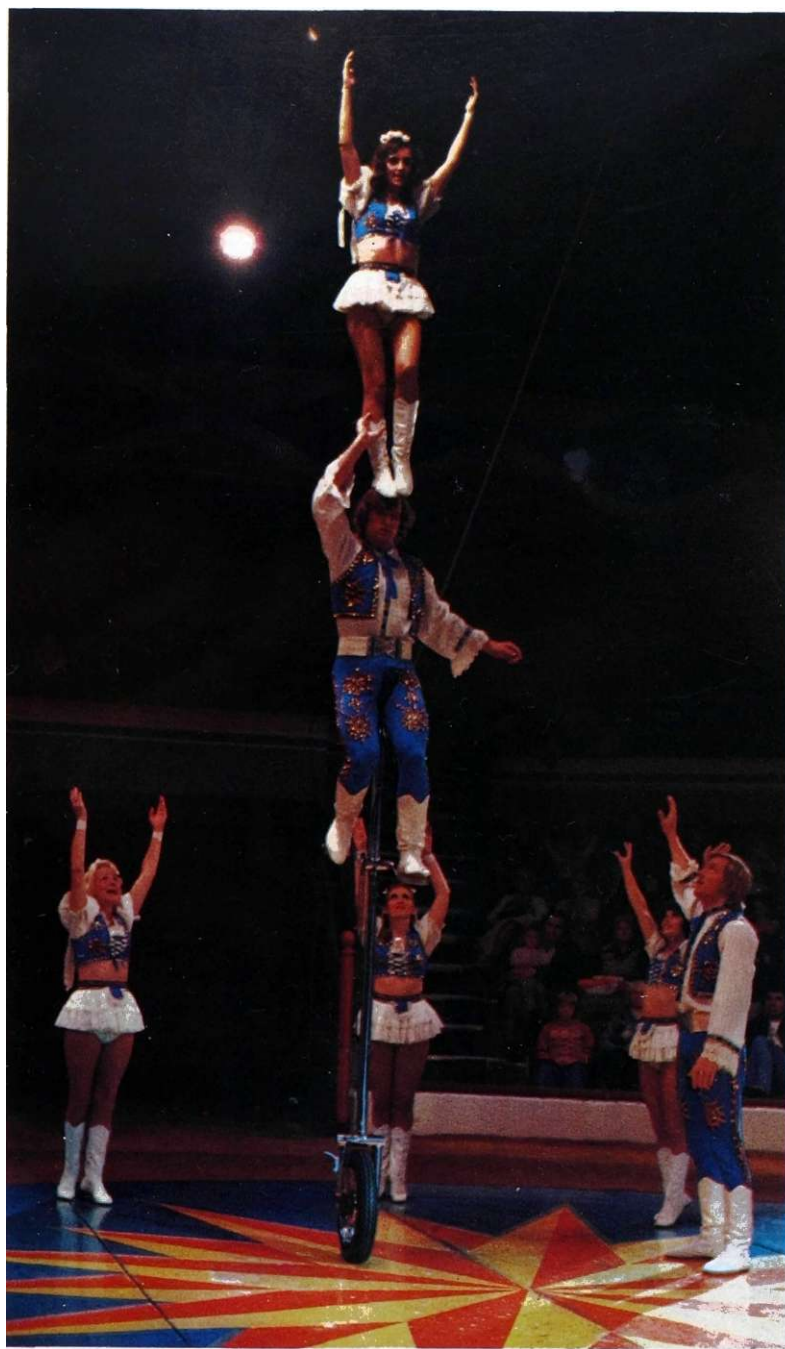
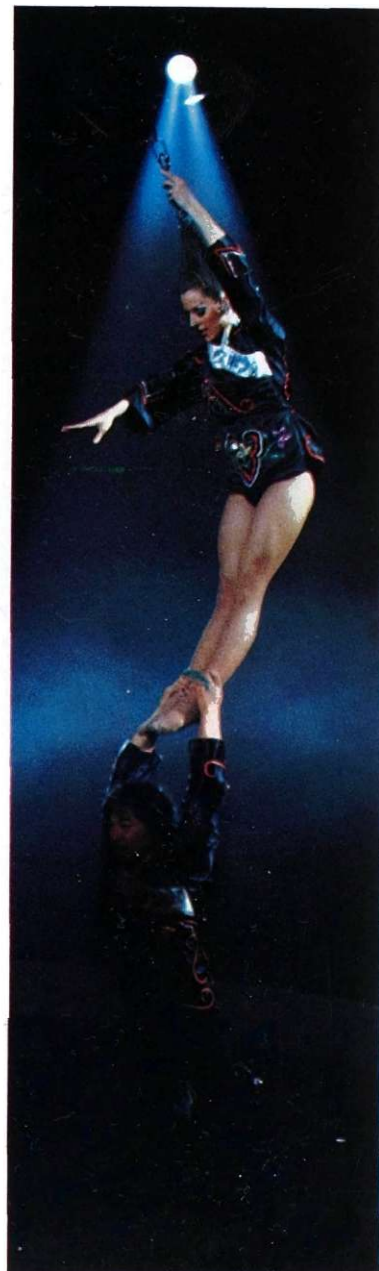


Фото 141.

Фотосъемка производилась на пленку 160 АСА для искусственного освещения, чувствительность которой с помощью специальных методов проявления была доведена до 320 АСА. Освещенность группы велоэквилибристов определялась по

освещенности арены. При фотосъемке воздушных акробатов освещенность фигуры артистки и ее ног определялась методом точечного замера. Оба снимка: *Canon FTb*, 50-мм объектив; *слева: 1/250 с, 1:8; справа: 1/125 с, 1:8.*



голубизну остаточного дневного света, при этом и та и другая дают хорошие результаты.

Значительно сложнее обстоит дело при съемках цирковых представлений. Хотя освещение в цирках кажется довольно ярким, на самом деле его интенсивность недостаточна для съемки, а пользоваться вспышкой в цирках.

Таблица 3. Ориентировочные значения экспозиции при фото-съемке в наиболее часто встречаемых условиях освещения

Объект съемки	Предполагаемая экспозиция для пленки 64 АСА
Интерьер в ночное время: ярко освещенный	1/15 с, 1:2
среднеосвещенный	1/4 с, 1:3,5
Съемка при свечах	1/2 с, 1:2,8
Ярко освещенные уличные сцены	1/30 с, 1:2
Очень ярко освещенные театральные подъезды	1/30 с, 1:2,8
Витрины в ночное время	1/30 с, 1:2,8
Подсвеченные здания	4 с, 1:5,6
Аттракционы, парки	1/15 с, 1:2
Яркая иллюминация	1/30 с, 1:2,8
Небо через 10 мин после захода солнца	1/30 с, 1:4
Футбольный матч при искусственном освещении	1/30 с, 1:2,8
Костер	1/30 с, 1:2,8
Фейерверк	1:8, затвор рекомендуется поставить в положение В и держать открытым в течение нескольких залпов
Цирковое представление: общее освещение	1/30 с, 1:2
освещение с прожекторами	1/60 с, 1:2,8

как правило, не разрешается. Кроме того, снимаемые объекты довольно быстро перемещаются. Поэтому съемку цирковых представлений следует производить на очень чувствительную пленку при малой выдержке и большой диафрагме, часто на пределе возможностей объектива. Последнее обстоятельство приводит к другой проблеме — очень незначительной глубине резкости.

При наблюдении многих цирковых номеров можно предсказать положение артиста в тот или иной момент времени, как, например, при выступлении наездников или воздушных гимнастов. В таких случаях можно тщательно сфокусировать камеру на определенную точку пространства и ждать, пока артист не окажется в этой точке. Можно поступить иначе — произвести съемку в тот момент, когда прыгун достигнет верхней точки траектории своего полета, т. е. буквально перед тем, как он начнет «падать».

Одна из частых причин неудачных фотографий с изображением цирковых представлений связана с чрезмерным

контрастом освещения. Фото пленки, особенно цветные, не способны передавать такой контраст. По этой причине лучше избегать фотографирования выступлений, в которых актеры только частично освещены сильными прожекторами, и выбирать сцены с более равномерным освещением.

Фотографирование с лампой-вспышкой

На ранней стадии развития фотографии фотоматериалы имели столь низкую чувствительность, что часто возникала необходимость в дополнительном освещении, интенсивность которого позволяла бы существенно сократить время экспонирования. Первоначально в качестве источника такого освещения фотографы использовали магниевую ленту. Однако съемка с магниевой лентой вызывала определенные трудности, поскольку лента очень медленно горела и, кроме того, требовались значительные усилия, чтобы ее поджечь. Эти трудности частично были преодолены благодаря появлению «магниевых ламп». Магниевая лампа представляла собой трубку, наполненную порошком магния. При съемке магниевую лампу размещали рядом с пламенем спиртовой горелки; при сжатии пневматической груши, надетой на трубку лампы, порошок вдувался в пламя и, сгорая, давал яркую вспышку света.

Чтобы ускорить процесс горения магниевого порошка, в него стали добавлять окислитель, например перхлорат калия. Точное количество магниевой легко воспламеняющейся смеси, необходимой для фотосъемки, определялось с учетом чувствительности пленки, расстояния до объекта и величины диафрагмы. Тщательно отмеренное количество смеси засыпалось в желоб специальной конструкции. При срабатывании фотозатвора смесь поджигалась либо с помощью фитиля или пистона, либо с помощью абразивного колесика и кремня.

Используя магниевую лампу, фотограф мог сделать в помещении только сразу один снимок: после вспышки комната наполнялась белым дымом и, чтобы ее проветрить, требовалось какое-то время. Кроме того, при работе с магниевыми лампами существовала вероятность возникновения пожара.

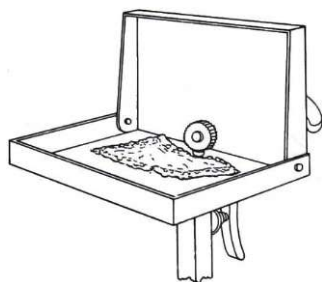


Рис. 96. Станок с воспламеняющимся порошком, применявшийся в начале нашего столетия. Пружинный спусковой механизм, смонтированный на задней панели, заводился ключом. Спусковой крючок, смонтированный рядом с ручкой, освобождал пружину, которая, раскручиваясь, начинала вращать рифленое колесико. При трении колесика о кремень образовывались искры, которые в случае удачи и воспламеняли порошок.

Лампы-вспышки

В начале 30-х годов магниевые лампы уступили место лампам-вспышкам (фотоколбам), принцип действия которых остается неизменным до наших дней.

Современная лампа-вспышка представляет собой стеклянную колбу, наполненную кислородом, внутри которой находится «паутина» (моток тончайшей проволоки) из алюминия или сплава на основе магния и циркония. В центре

колбы располагается нить накала. Внутри колбы проходят два провода, внутренние концы которых, покрытые слоем поджигающей пасты, соединяются в центре колбы через нить накала, а внешние крепятся к цоколю колбы. При подключении колбы к источнику тока нить накала раскаляется и поджигающая смесь вспыхивает. При соприкосновении горящих частиц смеси с «паутиной» последняя загорается и дает очень яркую вспышку света. При этом, однако, выделяется значительное количество тепла, что может привести к разрушению стенок колбы. Чтобы избежать этого, стенки колбы покрывают лаком.

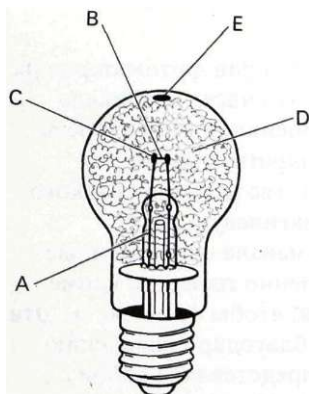


Рис. 97.
Мощная вспышка таких же размеров, что и обычные осветительные лампы. А — электрические вводы; В — нить накала; С — взрывчатая паста; D — тонкая магниевая, алюминиевая или циркониевая паутинка; Е — индикатор годности.

Следует иметь в виду, что колба с защитным слоем также может разорваться, если стекло треснуто или плохо склеено. В этом случае в колбу проникает воздух и при сгорании смеси давление в колбе намного превышает предел, предусмотренный защитным лаковым покрытием. Для того чтобы исключить возможность разрыва колбы, в нее иногда помещают индикатор, указывающий на присутствие воздуха. Индикатор содержит маленькую каплю хлористого кобальта, которая в отсутствие воздуха в колбе имеет голубой цвет; если в колбу попадает воздух, то цвет капли становится розовым.

Цветовая температура излучения, возникающего при сгорании «паутины» в кислороде, составляет примерно 3800 К. Вместе с тем большинство пленок рассчитано на 5500 К, и, чтобы скорректировать цветовую температуру излучения лампы-вспышки, в защитное покрытие добавляют голубой краситель.

В последнее время широкое распространение получили лампы-вспышки, выполненные в виде кубика из прозрачного материала (пластмассы) и разделенные внутренними перегородками на четыре части, каждая из которых представляет собой миниатюрный осветительный прибор со своей лампой-вспышкой. В отличие от обычных ламп-вспышек лампа-«кубик» позволяет производить не одну, а четыре вспышки при последовательном повороте ее на 90°. Для этого на корпусе фотоаппарата устанавливается поворотное гнездо или специальный держатель; поворот лампы-«кубика» производится одновременно с протяжкой фотопленки и взводом фотозатвора. Лампы-«кубики» могут быть двух типов: содержащие обычные лампы-вспышки, срабатывающие от батареек, которые находятся внутри фотокамеры, и более совершенные лампы-вспышки, имеющие поджигающее устройство, которое срабатывает от пружинного механизма, находящегося внутри оправы лампы-«кубика» (пружина освобождается при срабатывании затвора).



Рис. 98.
Вспышка-кубик, состоящая из четырех колб, каждая со своим встроенным рефлектором.

Если вспышка-«кубик» подключается непосредственно в гнездо, находящееся наверху корпуса камеры, то из-за близкого расположения оптических осей вспышки и объектива освещение будет плоским, а изображение — нерельефным и, кроме того, может наблюдаться так называемый эффект «красного глаза», обусловленный отражением света вспышки от



Фото 142.

При очень близком расположении вспышки к объективу наблюдается явление, называемое «красный глаз», из-за отражения света вспышки от сетчатки глаз объекта. В таких случаях надо увеличить расстояние между вспышкой и объективом.

сетчатки глаза объекта съемки (человека или животного). Этот эффект можно устранить (и тем самым сделать изображение более рельефным), если увеличить расстояние между вспышкой и объективом.

Наиболее удобным для работы является импульсный осветитель в виде вспышки-«стержня», состоящий из восьми или десяти ламп, размещенных в плоском корпусе-патроне. Вспышка-«стержень» состоит из двух половинок, в каждой из которых имеется гнездо для подключения к камере. При сгорании одной лампы подключается следующая; когда все лампы одной половины полностью использованы, стержень поворачивается и включается другая половина вспышки. При этом всегда используются лампы той половины вспышки, которая наиболее удалена от объектива камеры, что позволяет обеспечить максимально возможное пространственное разнесение лампы и объектива.

Электронные вспышки

В конце 30-х годов была разработана принципиально новая конструкция вспышек, получивших название *электронных* или *стробоскопических*. Излучение в таких вспышках возникает в результате электрического разряда в атмосфере инертного газа. В качестве последнего обычно используется ксенон, так как спектр его излучения близок к спектральному составу белого света. Это позволяет ограничиться минимальной фильтрацией излучения для достижения цветового баланса при фотосъемках на цветную пленку. Электронные вспышки являются импульсными газоразрядными лампами многократного действия.

Газоразрядная лампа представляет собой стеклянную или кварцевую трубку, запаянную с обоих концов, из которой полностью выкачан воздух. Для создания электрического разряда в трубку вводится небольшое количество инертного газа. Внутри трубки на каждом ее конце располагается по одному металлическому электроду, соединенному с питающим конденсатором. В современных электронных импульсных лампах питающий конденсатор заряжается до 250—350 В. В лампах с низковольтным батарейным питанием заряд конденсатора до рабочего напряжения осуществляется путем ступенчатого повышения напряжения батареек. С помощью расположенного внутри электронной лампы транзисторного преобразователя (инвертора) постоянный ток от батареек преобразуется в переменный, который подается на первичную обмотку трансформатора. В результате во вторичной обмотке трансформатора генерируется э.д.с., которая используется для зарядки питающего конденсатора. Когда напряжение на питающем конденсаторе достигает рабочего значения, загорается неоновый индикатор. Однако рабочего напряжения конденсатора оказывается недостаточно, чтобы вызвать ионизацию газа и электрический разряд. Поэтому используется дополнительная электрическая цепь, содержащая триггерный конденсатор, который заряжается одновременно с питающим



Рис. 99.

Вспышка-стержень, содержащая 10 колб со встроенными рефлекторами. Контакты на торцах стержня для непосредственного его подключения к разъему камеры соединены с пятью верхними колбами. Таким образом обеспечивается наибольшее пространственное разнесение вспышки от камеры. Когда верхние колбы отработают, стержень переворачивается и подключается к камере противоположным концом.



Рис. 100.

Маленькая, неавтоматическая электронная импульсная лампа.

конденсатором, но до меньшего напряжения — обычно до 100—200 В. Триггерный конденсатор соединен синхронизирующим кабелем через синхроконтакты в затворе аппарата с первичной обмоткой повышающего трансформатора или триггерной катушки. При срабатывании фотозатвора синхроконтакты замыкаются и триггерный конденсатор разряжается через триггерную катушку.

В результате во вторичной обмотке триггерной катушки наводится э.д.с. порядка нескольких киловольт, которая подается на триггерный электрод газоразрядной трубки. В отличие от двух основных электродов триггерный (поджигающий) электрод располагается на внешней стороне трубки и представляет собой либо провод, либо прозрачный электрод — проводящий слой, напыленный на внешнюю поверхность трубки. При подаче высокого напряжения от триггерной катушки на поджигающий электрод находящийся в трубке газ ионизируется и питающий конденсатор разряжается, давая яркую вспышку белого цвета. Через доли секунды напряжение на питающем конденсаторе падает до величины порядка 100 В, при котором газ уже не является проводником, и излучение прекращается. Для большинства вспышек длительность излучения составляет $1/500\ldots$

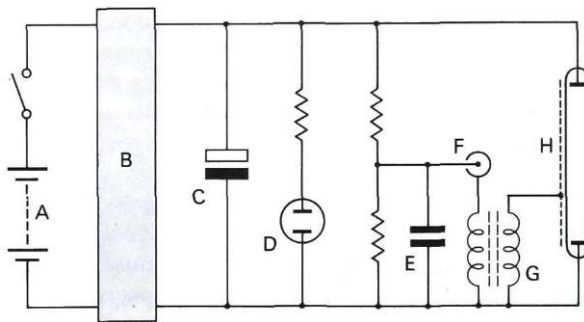
$1/2000$ с. После прекращения излучения питающий конденсатор вновь подзаряжается до рабочего напряжения. Время между вспышкой и сигналом неоновой лампы, свидетельствующим о достижении рабочего напряжения на конденсаторе, называется *временем зарядки*; оно определяет максимальную частоту кадров. Время зарядки частично зависит от типа используемых батареек питания и степени их разрядки, причем для сухих батареек оно больше, чем для аккумуляторов. В электронных вспышках используются никелево-кадмиевые и кислотные свинцовые аккумуляторы. Наибольшей популярностью пользуются никелево-кадмиевые аккумуляторы, поскольку они более прочные и менее подвержены вытеканию электролита, который может вызвать коррозию деталей вспышки. Что касается кислотных свинцовых аккумуляторов, то они обладают одним несомненным достоинством: удельный вес жидкого электролита (серной кислоты) зависит от степени разрядки аккумулятора. Это дает возможность контролировать степень разрядки аккумулятора. Обычно при изготовлении аккумулятора в каждый элемент вводят контрольную трубочку, содержащую небольшие поплавки различной плотности: в зависимости от плотности электролита поплавок либо плавает, либо тонет.

В некоторых моделях электронных вспышек для подзарядки аккумуляторов последние приходится вынимать и заряжать с помощью специального зарядного устройства. Время, требуемое для полной зарядки полностью разряженного аккумулятора, обычно колеблется от 12 до 14 ч, хотя иногда возможен режим ускоренной зарядки (около 3 ч).

Следует избегать чрезмерной зарядки аккумуляторов, поскольку это сокращает срок их службы. Аккумуляторы

Рис. 101.

Принципиальная схема простой, неавтоматической электронной импульсной лампы. Напряжение постоянного тока от батареи А повышается до рабочей величины (чуть больше 300 В) с помощью конвентора В. Обычно это генератор переменного напряжения, в состав которого входит трансформатор, повышающий трансформатор и ряд других элементов. Энергия запасается в конденсаторе С. Когда конденсатор почти полностью заряжается, загорается неоновый индикатор D, показывающий, что вспышка готова к работе. Во время зарядки конденсатора С, заряжается также другой, триггерный конденсатор Е, но гораздо меньшей емкости. Этот конденсатор заряжается до более низкого и безопасного напряжения (порядка 150 В). Разъем F через синхронизирующий кабель соединяется с синхроконтakтами камеры и, таким образом, с контактами затвора. Когда затвор открывается, эти контакты замыкаются, и энергия, запасенная в триггерном конденсаторе, разряжается через первичную обмотку триггерного трансформатора G. В результате во вторичной обмотке, соединенной с поджигающим электродом трубки Н, наводится ток очень высокого напряжения (несколько киловольт). Ксенон внутри трубки ионизируется и становится электропроводным; в результате замыкается электрическая цепь для разряда главного конденсатора С.



также быстро портятся, если в течение нескольких недель они находятся в полностью разряженном состоянии/Даже заряженные аккумуляторы рекомендуется вынимать из импульсных ламп, если вспышками некоторое время не пользуются. Аккумуляторы подобного типа необходимо подзаряжать каждый месяц, поскольку полностью заряженный аккумулятор постепенно саморазряжается из-за внутренней утечки заряда.

Так как аккумуляторы требуют постоянного внимания и ухода, то фотографам, пользующимся небольшими маломощными вспышками (да и то от случая к случаю), имеет смысл покупать вспышки, работающие от сухих батареек. Когда импульсная лампа не используется, батарейки лучше вынуть, поскольку сухие батарейки при длительном бездействии имеют тенденцию протекать, в особенности почти полностью разряженные. Протекание батареек может оказаться губительным для импульсной лампы, поскольку электролит может разъесть контакты, а также проникнуть в схему и разрушить печатную плату и размещенные на ней детали.

У многих фотовспышек с батарейным питанием предусмотрено питание от сети с помощью специального устройства. В некоторых фотовспышках с аккумуляторами питание от сети осуществляется через зарядный блок, а для других требуется специальный адаптер.

Когда напряжение на обкладках конденсатора достигает определенного значения, загорается неоновая лампочка (индикатор). Однако это не значит, что напряжение на конденсаторе является максимально возможным. Дело в том, что напряжение быстро нарастает лишь на начальном участке, а при приближении к уровню насыщения скорость роста напряжения падает: последние 10% амплитуды накапливаются примерно за то же время, что и все предыдущие. Если схема настроена так, что пороговое значение напряжения близко к максимальному, время зарядки будет слишком велико. Кроме того, если батарейка частично разряжена, то максимальное напряжение на обкладках конденсатора может оказаться ниже порогового и лампочка вообще не загорится. Поэтому большинство производителей устанавливает пороговое напряжение, при котором загорается

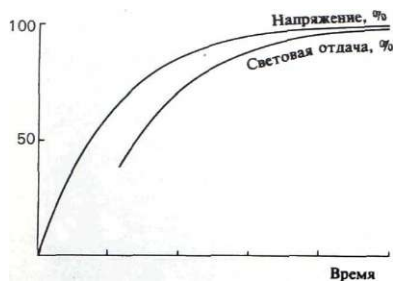


Рис. 102.

После включения вспышки напряжение на питающем конденсаторе сначала быстро растет, а затем рост замедляется, и для достижения максимума требуется значительное время. Чтобы время перезарядки не было неоправданно большим, во многих вспышках неоновый индикатор загорается до того, как напряжение достигнет максимума. Энергия вспышки приблизительно пропорциональна квадрату напряжения. Если неоновый индикатор загорается при напряжении, составляющем 80% максимального, то энергия вспышки в данный момент составит только 60%; если подождать еще столько же, то она превысит 90%. Это различие в энергии вспышки соответствует половине деления диафрагмы, т. е. оно достаточно велико, в особенности если снимать на цветную обращаемую пленку, весьма чувствительную к изменению экспозиции.

неоновый индикатор, равным 80—90% максимального значения напряжения. В результате может наблюдаться заметная разница в экспозиции при фотографировании сразу после загорания неоновой лампы и после того, как лампочка уже долгое время горела, т. е. при напряжении, близком к максимуму. Эта разница особенно ощутима при съемке на обращаемую цветную пленку, так как она имеет сравнительно небольшую фотографическую широту. Хотя разница между напряжением 85 и 100% максимального на первый взгляд может показаться незначительной, выходная мощность вспышки меняется существенно. Дело в том, что энергия, запасаемая в конденсаторе, а следовательно, и мощность светового импульса пропорциональны квадрату напряжения. Разница эта может быть и больше, так как используемая доля энергии органичивается той ее частью, которая находится в пределах между состоянием заряда и состоянием разряда до уровня напряжения, при котором газ в трубке перестает быть проводящим (обычно до 100 В). У дешевых вспышек разница в экспозиции может составлять половину деления шкалы диафрагмы и даже больше. По этой причине многие электронные вспышки содержат дополнительную цепь регулировки напряжения, которая отключает источник питания, когда напряжение на конденсаторе достигает заданного уровня. По существу, напряжение должно оставаться на одном и том же уровне, но фактически оно медленно падает из-за утечки электричества внутри конденсатора и через элементы схем, электрически связанные с ним; когда напряжение падает чуть ниже заданного уровня, цепь регулировки напряжения снова подключает источник питания. Когда напряжение на конденсаторе достигает заданного уровня, батарейное питание отключается. Этот процесс переключений батарейного питания продолжается до момента вспышки. Таким образом, напряжение на конденсаторе сохраняется близким к норме, что позволяет обеспечить почти постоянную мощность на выходе.

Расчет экспозиции

При использовании лампы-вспышки или импульсной газоразрядной лампы важно, чтобы затвор камеры был полностью открыт при максимальной световой отдаче вспышки. Для этого при съемке камерой с центральным затвором и с лампой-вспышкой контакты необходимо установить в положение X. Что же касается скорости затвора, то она может быть практически любой и определяется условиями общего освещения. Однако при использовании одноразовой лампы-вспышки она не должна превышать $1/25$ — $1/30$ с, если контакты находятся в положении X. Когда требуется более высокая скорость затвора, то контакты следует поставить в положение M (если оно есть). При работе с электронной вспышкой и с камерами, снабженными шторным затвором, контакты следует установить также в положение X (у большинства современных камер со шторными затворами



Рис. 103.

В дорогих импульсных лампах часто предусмотрены дополнительные цепи для регулировки напряжения на конденсаторе. У данной вспышки цепь регулировки отключает источник питания, когда напряжение на конденсаторе достигает заданного порога. При этом загорается зеленый индикатор, и напряжение больше не растет. Если напряжение упадет ниже порогового, то источник питания подключится вновь до тех пор, пока напряжение не достигнет заданного уровня. Процесс попеременного отключения и подключения продолжается до срабатывания вспышки. Таким образом, напряжение на конденсаторе поддерживается практически постоянным, гарантируя постоянство энергии вспышки.

существует только положение X), а скорость затвора должна быть такой, чтобы шторы в момент замыкания контактов полностью открывали кадр. Обычно это означает, что наибольшая скорость затвора должна быть в пределах $1/30$ — $1/125$ с в зависимости от типа камеры. Шторный затвор при съемках с одноразовыми лампами-вспышками устанавливают в положение, при котором скорость срабатывания затвора не превышает $1/25$ — $1/30$ с.

При съемках со вспышкой любого типа величину диафрагмы устанавливают с учетом светочувствительности пленки, расстояния от вспышки до объекта и мощности вспышки. Последний параметр определяется числом, называемым *ведущим числом* данной вспышки (*фактором* вспышки). Обычно оно указывается заводом-изготовителем для пленки определенной чувствительности и средних условий отражения света фоном. Чтобы определить величины диафрагмы для фотографирования «среднего» объекта, достаточно разделить ведущее число на расстояние между вспышкой и объектом. Например, при съемке со вспышкой, имеющей ведущее число 28, с расстояния 20 м необходима диафрагма $28/20 = 1:1,4$, а с расстояния 10 м — диафрагма $28/10 = 1:2,8$.

Определение необходимой диафрагмы с помощью ведущего числа основано на аналогии, существующей между законом убывания интенсивности света от точечного источника (пропорционально квадрату расстояния) и принципом построения стандартной шкалы диафрагм. Интенсивность света, излучаемого точечным источником, убывает пропорционально квадрату расстояния от данной точки до источника. Если поместить один объект на расстоянии 10 м от источника, а другой на расстоянии 20 м (т. е. на расстоянии, вдвое большем), то интенсивность света, падающего на второй объект, будет в $2^2 = 4$ раза меньше. При изменении шкалы диафрагм на одно деление интенсивность света, падающего на пленку, меняется пропорционально квадрату диаметра диафрагмы.

Таким образом, если диафрагма 1:2,8 является правильной для расстояния до объекта 10 м, то для съемки объекта, находящегося на расстоянии 20 м, на котором интенсивность света уменьшается в четыре раза, требуется диафрагма, пропускающая в четыре раза большее количество света, т. е. 1:1,4. Тогда экспозиция в обоих случаях будет одинаковой. Произведение расстояния на диафрагму в обоих случаях одинаково и равно 28 — это и есть ведущее число вспышки.

Если известно ведущее число для пленки одной чувствительности, то ведущее число для пленки иной чувствительности равно первому, умноженному на квадратный корень из отношения чувствительности второй пленки к первой. Так, если для пленки чувствительностью 130 ед. ГОСТ ведущее число равно 28, то для пленки 65 ед. ГОСТ оно будет равно $28/\sqrt{2} = 20$, для пленки 32 ед. ГОСТ — $28/\sqrt{4} = 14$, а

для пленки 250 ед. ГОСТ — $28 \cdot \sqrt[4]{2} \approx 40$. Аналогичная нелинейная зависимость наблюдается при сравнении мощности различных вспышек. Например, если для одной и той же пленки ведущее число одной вспышки вдвое больше, чем для другой, то мощность первой вспышки в четыре раза больше, чем второй.

На корпусах большинства вспышек имеется поворотная шкала или номограмма, с помощью которой можно найти нужное значение диафрагмы для заданного сочетания расстояния до объекта и чувствительности пленки.

Завод-изготовитель обычно указывает номинальное ведущее число, в то время как в действительности оно может быть несколько иным вследствие технологических допусков на параметры деталей, входящих в электрическую схему. Если эта разница окажется большой, то она неминуемо скажется на фотографии, особенно при съемке на цветную обращаемую пленку. Поэтому при съемке со вспышкой следует сначала сделать несколько пробных снимков.

При определении экспозиции в случае фотосъемки со вспышкой необходимо учитывать отражающие характеристики объекта. Если его отражательная способность отличается от отражательной способности среднего серого объекта, то для получения правильной экспозиции надо скорректировать вычисленное значение диафрагмы. Кроме того, не следует пренебрегать таким фактором, как наличие или отсутствие рядом с объектом отражающих поверхностей; для съемки объекта в небольшой комнате с белыми стенами требуется меньшая выдержка, чем при съемке того же объекта с той же вспышкой и с того же расстояния в очень большом помещении или на открытом воздухе.

Наиболее удобным инструментом определения необходимой выдержки при работе с неавтоматическими электронными импульсными лампами является специальный экспонометр — *флэшметр*. Большинство таких экспонометров измеряет интенсивность падающего на объект излучения.

Принцип действия такого прибора состоит в том, что ток, вырабатываемый фотоприемником, используется для зарядки конденсатора, и оба эти элемента в совокупности образуют интегрирующую цепь. Напряжение на конденсаторе в конце вспышки является функцией интенсивности и длительности излучения вспышки (произведением средней интенсивности на длительность) и, таким образом, мерой экспозиции пленки. Напряжение обычно измеряется гальванометром, калиброванным в делениях диафрагмы, хотя некоторые флэшметры имеют миниатюрный цифровой дисплей, показывающий необходимую диафрагму. Чтобы исключить влияние на показания прибора внешнего постороннего освещения, интегратор должен работать только во время вспышки. Для этого синхронизирующий кабель вспышки подключают непосредственно к флэшметру. Тогда вспышка включается расположенным на флэшметре



Рис. 104.

У этого отличного флэшметра есть цифровой дисплей, на котором высвечивается значение необходимой диафрагмы. Измерения могут проводиться по интенсивности падающего и отраженного света (над прибором показана поворотная головка с матовой насадкой на светоприемнике). Отличительной чертой данного прибора является возможность установки времени измерения светового потока, равного времени открытия затвора камеры. Таким образом можно определять экспозицию, необходимую не только для съемки со вспышкой, но и с любым другим источником освещения; это особенно удобно при съемках при комбинированном освещении, например со вспышкой при дневном свете. Быстродействие фотоприемника достаточно для правильного измерения длительности очень кратковременных вспышек, обычно используемых при съемках при незначительных расстояниях между вспышкой и объектом.

кнопочным выключателем, который одновременно запускает и интегратор. Через 1 мс или чуть позже после того, как вспышка погаснет, цепь задержки отключает интегратор. Выпускаются флэшметры, которые содержат очень быстродействующую схему, регистрирующую резкое увеличение интенсивности света в начале работы вспышки и запускающую в этот момент интегратор. В некоторых флэшметрах предусмотрена регулировка длительности периода работы прибора, что позволяет установить ее равной скорости затвора. Это в свою очередь дало возможность получить точное значение выдержки при комбинированном освещении, т. е. при съемках со вспышкой и каким-либо еще дополнительным источником освещения.

Поскольку флэшметры регистрируют свет, падающий на объект, они автоматически учитывают отражательную способность стен и окружающих предметов, но не самого объекта съемки; поэтому иногда необходима дополнительная коррекция диафрагмы.

Как уже отмечалось, большинство флэшметров определяет нужную экспозицию по измерению полного светового излучения вспышки, учитывающего интенсивность и длительность вспышки. Это означает, что можно правильно определить экспозицию для вспышек практически любой длительности. Это особенно важно, когда флэшметр используется для проверки диафрагмы, необходимой при съемках с автоматическими вспышками, которые автоматически устанавливают нужную экспозицию, изменяя длительность вспышки в соответствии с интенсивностью света, отраженного объектом.

Автоматические электронные импульсные лампы

Значительным успехом в развитии электронных импульсных ламп за последние годы была разработка «автоматических», или «компьютерных», вспышек, в которых энергия и длительность вспышки, необходимые для правильной экспозиции, устанавливаются автоматически. Это достигается включением в схему дополнительных управляющих цепей, измеряющих интенсивность света отраженного объектом. Когда эта величина становится достаточной для правильной экспозиции с данной диафрагмой и для данного типа пленки, управляющая цепь отключает вспышку.

Свет, отраженный объектом, измеряется интегратором, состоящим из фотоприемника и конденсатора. Как только газоразрядная трубка начинает излучать свет, напряжение на конденсаторе начинает расти со скоростью, пропорциональной интенсивности отраженного света. Когда напряжение достигает заданного порогового значения, лампа отключается, и экспозиция прекращается. Чувствительность интегратора регулируется изготовителем таким образом, что пороговое значение напряжения достигается точно в тот момент, когда пленка в камере получила нужное количество освещения.

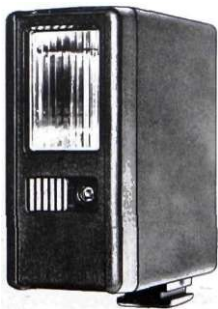


Рис. 105.

Небольшая автоматическая электронная импульсная лампа. Фотоприемник, измеряющий интенсивность отраженного от объекта света, расположен слева на передней панели. Фотоприемник можно закрыть ребристой крышкой, отключив таким образом цепь автоматической регулировки. В таком режиме вспышкой следует пользоваться как обычным неавтоматическим устройством.

Таким образом, длительность вспышки обратно пропорциональна интенсивности света, отраженного объектом: чем больше интенсивность, тем короче должна быть вспышка и наоборот. Интенсивность отраженного света зависит от расстояния между вспышкой и объектом, а также от отражательных характеристик объекта и окружающих предметов.

Отключение лампы при достижении порогового напряжения может осуществляться двумя способами. В одном из них, который до сих пор применяется в более дешевых автоматических вспышках, используется специальная дополнительная разрядная лампа, так называемая *гасящая трубка*, которая подключается параллельно главной и имеет собственную триггерную цепочку, включающуюся в момент достижения порогового напряжения. По размерам гасящая трубка короче и толще основной газоразрядной лампы, поэтому энергии, оставшаяся в конденсаторе к моменту подключения гасящей трубки, будет разряжаться через нее. Гасящая трубка тоже излучает свет во время разряда конденсатора, однако, поскольку она заключена в непрозрачный кожух, этот свет на объект не попадает.

Недостатком такого способа отключения лампы являются потери остающейся в накопительном конденсаторе к концу экспозиции энергии вследствие рассеяния в гасящей трубке. При малом расстоянии от вспышки до объекта и очень малой длительности вспышки доля потерянной энергии от всей энергии, запасенной в конденсаторе к началу вспышки, может быть велика.

Другой метод отключения газоразрядной лампы реализуется в так называемых *тиристорных*, или *сберегающих энергию*, вспышках. В этих вспышках последовательно с лампой включается тиристор — быстродействующий управляемый электронный переключатель. В момент запуска лампы тиристор находится в «открытом» состоянии и энергия из накопительного конденсатора начинает разряжаться через лампу, вызывая ее свечение. Когда свет, отраженный от объекта, зарядит контрольный конденсатор до заданного порогового значения, тиристорный переключатель переходит в положение отключения, разрывая таким образом цепь питания, и лампа перестает излучать. Таким образом, в цикле подготовки устройства к следующей вспышке батарея должна лишь возместить долю энергии, излученную во время предыдущей вспышки, а не заряжать снова почти полностью разряженный накопительный конденсатор, как это приходится делать во вспышках с гасящей трубкой.

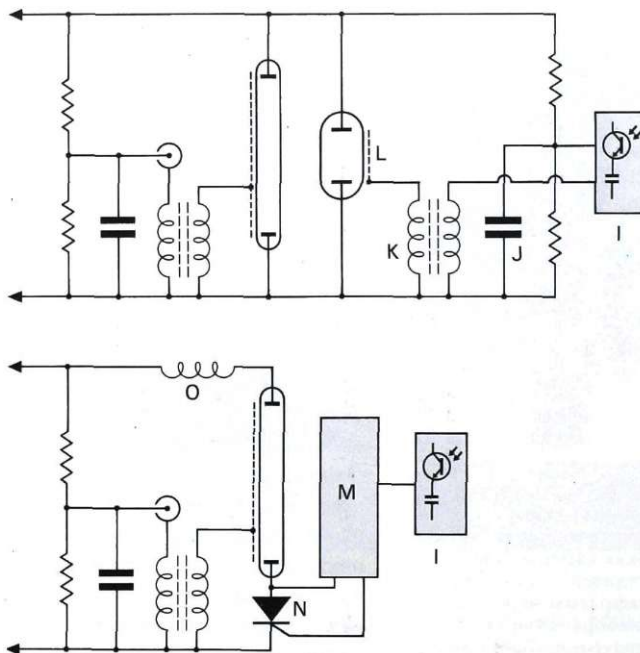
Данный способ отключения лампы позволяет, во-первых, произвести большее число вспышек до полного разряда батареи и, во-вторых, существенно уменьшить время зарядки вспышки. Оба эти фактора наиболее явно проявляются при съемке с небольших расстояний, где длительность вспышки очень мала и при каждой вспышке расходуется очень небольшая энергия.

Рис. 106.

Принципиальные схемы дополнительных цепей автоматических импульсных ламп двух типов. В обеих лампах цепи, показанные слева от газоразрядной трубки, идентичны изображенным на основной схеме питания импульсной лампы, поэтому здесь они даны в упрощенном виде.

Вверху — дополнительная цепь автоматической вспышки с «гасящей трубкой». Основным элементом сенсора I является фотоприемник, который при разряде главной трубки замыкает цепь конденсатора небольшой емкости, скорость зарядки которого пропорциональна интенсивности отраженного объектом света. В состав сенсора входят также элементы, следящие за достижением заданного уровня напряжения на конденсаторе. Компоненты J и K — дополнительный триггерный конденсатор и триггерный трансформатор, подобные тем, которые используются для запуска главной разрядной лампы. Когда напряжение на конденсаторе сенсора достигает заданного уровня, триггерный конденсатор начинает разряжаться через триггерный трансформатор, при этом в его вторичной обмотке наводится ток высокого напряжения, который, поступая на управляющий электрод гасящей трубки L, делает ее токопроводящей. В таком состоянии сопротивление гасящей трубки гораздо меньше сопротивления главной лампы, поэтому главный конденсатор разряжается через гасящую трубку, а не через главную, и последняя гаснет.

Внизу — схема автоматической импульсной лампы тиристорного типа. Автоматический режим управляется специальной цепью M, которая слишком сложна, чтобы ее можно было изобразить детально. В момент включения газоразрядной лампы тиристор (который можно рассматривать как быстродействующий электронный переключатель) находится в положении «Открыто», поэтому трубка может проводить ток и излучать свет. Сенсор I измеряет интенсивность отраженного объектом света и при заданном уровне «посылает сигнал» в блок управления M, который запирает тиристор, отсекая таким образом трубку от источника напряжения. Оставшийся к этому моменту заряд на обкладках главного конденсатора не расходуется впустую, а сохраняется до следующей вспышки. Индуктивность O нужна для ограничения тока через трубку до рабочего уровня тиристора.



Типичная тиристорная лампа при съемках с минимального расстояния дает вспышку длительностью примерно $1/50000$ с. Время зарядки при этом составляет 0,25 с, и лампа может сделать 1000 вспышек до полного разряда никель-кадмиевого аккумулятора. Если расстояние между вспышкой и объектом съемки увеличить до максимально допустимого для автоматического режима, то длительность вспышки возрастает до $1/400$ с, а время зарядки — до 9 с, и полностью заряженный источник питания сможет обеспечить только 60 вспышек.

Цепь управления длительностью разряда в тиристорных вспышках значительно сложнее, чем во вспышках с гасящей трубкой, поэтому такие вспышки стоят довольно дорого.

При работе с автоматическими вспышками любого типа надо следить за тем, чтобы расстояние до объекта не превосходило максимально возможного, предусмотренного автоматическим режимом (т. е. расстояния, дальше которого напряжение на конденсаторе управляющей цепи никогда не достигнет порогового значения), в противном случае длительность вспышек всегда будет максимальной. При работе с дешевыми вспышками приходится полагаться на информацию изготовителя. Импульсные лампы, предназначенные для фотографов-профессионалов, имеют индикатор, показывающий, не нарушен ли предел максимального расстояния и работает ли еще автоматика. В некоторых вспышках для этой цели установлена дополнительная неоновая лампа, которая пульсирует какое-то время после вспышки, если автоматика работает, в других стоит звуковой зуммер.

Все (за исключением самых дешевых) автоматические



Рис. 107.

Мощная электронная импульсная лампа тиристорного типа с выносным сенсором, установленным в ползках камеры. Для каждой чувствительности пленки величина диафрагмы может быть выбрана из набора четырех различных значений. Лампа имеет дополнительную возможность регулировки выходной мощности в ручном режиме, позволяющую уменьшать ее в два, четыре раза и т. д. вплоть до 1/128 максимальной выходной мощности.

вспышки позволяют выбрать более чем одно из нескольких значений диафрагмы, для которых автоматически обеспечивается правильная экспозиция кадра. Обычно вручную устанавливается какое-либо из имеющихся на шкале стандартных значений диафрагмы, в результате чего перед фотоприемником вводится нейтральный светофильтр соответствующей кратности. Типичная вспышка имеет три-четыре фиксированных значения диафрагмы, истинная величина которой зависит от светочувствительности применяемой пленки. Например, для пленки чувствительностью 50 АСА наибольшая диафрагма, допустимая при автоматическом режиме, может быть 1:5,6, и если переключатель диафрагмы вспышки установлен на это значение, то перед фотоприемником не будет стоять никакого фильтра. Если при этом объектив камеры задиафрагмирован до 1:5,6, пленка получится нормально экспонированной. Следующее значение диафрагмы 1:8, и при этом значении перед фотоприемником появится фильтр, ослабляющий в два раза входящий световой поток. Поэтому для достижения порогового значения напряжения интегратору потребуется вдвое больше времени. В результате длительность вспышки и, следовательно, ее световая отдача увеличатся в два раза, поэтому для получения правильной экспозиции диафрагму объектива необходимо закрыть на одно деление, т. е. с 1:5,6 до 1:8. Установив переключатель вспышки в следующее положение (1:11), мы тем самым введем перед фотоэлементом еще один фильтр, ослабляющий световой поток также в два раза, что опять приведет к двойному увеличению световой отдачи вспышки. На некоторых вспышках значение диафрагмы можно изменять плавно, т. е. учитывается возможность работы с нестандартными промежуточными значениями диафрагмы объектива.

Часто минимальная диафрагма, допустимая в автоматическом режиме с низкочувствительными пленками, оказывается недостаточно маленькой для данных конкретных целей фотосъемки. Например, при съемке с близких расстояний для получения достаточной глубины резкости может потребоваться диафрагма: 1:16 или даже 1:22. Диапазон возможных диафрагм можно расширить, закрыв окошко фотоприемника дополнительными фильтрами. «Обманув» таким образом вспышку, можно увеличить ее световую отдачу. Обычно используется логарифмическая шкала оптической плотности, т. е. при увеличении плотности на 0,3 (что приблизительно равно $\lg 2$) световой поток ослабляется в два раза. Поэтому можно ожидать, что для следующего значения диафрагмы (т. е. для увеличения световой отдачи вспышки в два раза) на фотоэлемент нужно надеть один фильтр с нейтральной плотностью 0,3. На самом деле это не совсем так, поскольку значения плотности, приведенные на нейтральных фильтрах, соответствуют видимому диапазону, а фотоприемники большинства автоматических вспышек довольно чувствительны к инфракрасному излучению, которое в свою очередь составляет

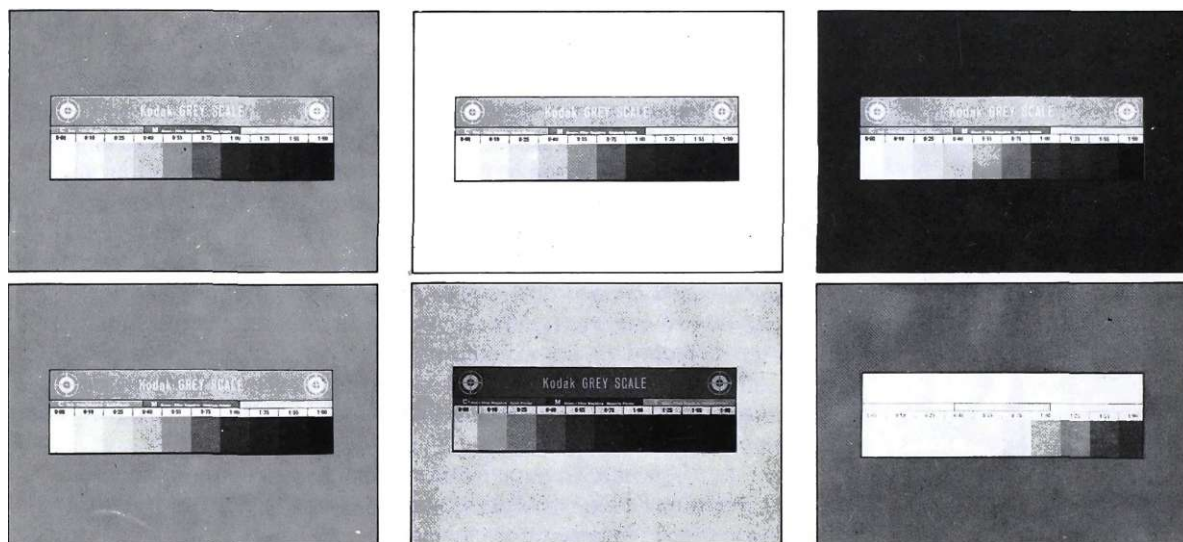


Рис. 108.

Автоматические импульсные лампы настраиваются заводом-изготовителем в расчете на фотосъемку объектов средней тональности. Если объект по распределению тонов отличается от среднего, то вспышка этого «не учитывает» и в результате более светлые объекты будут недодержаны, а более темные — передержаны. Поэтому при съемке следует вносить поправку в установку диафрагмы.

Вверху — объекты в их «настоящем» виде. *Внизу* — изображения этих же объектов, полученные при фотосъемке с автоматической вспышкой без коррекции диафрагмы: *слева* — изображение серого объекта на сером фоне; экспозиция, отработанная вспышкой, правильная; *в центре* — изображение того же объекта на светлом фоне. Для правильного изображения тональных полос нужна та же экспозиция, что и в предыдущем случае. Однако большая площадь светлого фона отражает больше света, чем такой же серый фон, поэтому сенсор, отключающий вспышку в момент, когда полный приход отраженного объектом света достигает заданного уровня, выдает вспышку меньшей длительности, чем необходимо для правильной экспозиции; *справа* — изображение того же объекта, но на темном фоне: длительность вспышки была слишком большой и снимок оказался передержанным.

значительную долю полной энергии, излучаемой вспышкой. Поэтому схема автоматической регулировки экспозиции определяет нужную длительность излучения вспышки по полной интенсивности видимого и инфракрасного излучения, хотя для фотографирования используется почти исключительно видимая часть спектра. Плотность любого фильтра в инфракрасном диапазоне меньше приведенного на нем значения (для видимого света), поэтому для получения необходимого увеличения энергии вспышки на фотоземле нужно надеть более плотный фильтр, чем может показаться на первый взгляд. На практике для перехода к каждому следующему стандартному значению диафрагмы на фотоприемниках следует надеть дополнительный фильтр плотностью 0,4 или несколько больше.

При регулировке вспышки (с дополнительными фильтрами или без них) важно помнить, что чем сильнее задиафрагмирован объектив, тем ближе к максимальной будет длительность вспышки и, следовательно, тем меньше максимальное расстояние, на котором возможен автоматический режим работы вспышки. При увеличении энергии вспышки в четыре раза (т. е. на два деления диафрагмы) максимальное допустимое расстояние сокращается вдвое.

В наиболее дешевых автоматических вспышках фотоприемник вмонтирован в корпус лампы, и его положение зафиксировано так, что он измеряет свет, отраженный от объекта при условии, что вспышка направлена на объект. Возможны ситуации, когда желательно, чтобы вспышка не была направлена непосредственно на объект. В некоторых дорогостоящих вспышках это достигается путем установки фотоприемника отдельно от вспышки (фотоприемник жестко крепится на камере и подсоединяется к вспышке через кабель). В некоторых конструкциях вспышек со встроенным фотоприемником головка, в которой размещаются лампа с



Фото 143.

Интенсивность света быстро убывает с увеличением расстояния от его источника. Это может привести к неравномерному освещению объектов. *Вверху* — вспышка располагалась близко к камере, а экспозиция определялась по освещенности человека, сидящего ближе всех к камере; с уменьшением освещенности каждого следующего человека в ряду экспозиция уменьшалась. *Внизу* — фотосъемка производилась с той же вспышкой, но помещенной так, что расстояние от нее до каждого человека было примерно одинаковым; в результате освещение стало более равномерным.

рефлектором, может поворачиваться относительно корпуса вспышки.

Фотоэлемент и электрическая схема вспышки при изготовлении настроены так, что они дают правильную экспозицию при съемке объектов со средней отражательной способностью. Если объект темнее среднего, т. е. отражает меньше 18% падающего света, лампа этого «не знает» и продолжает излучать, как обычно, до тех пор, пока интенсивность отраженного света не достигнет заданного уровня. В результате сюжет на фотографии получится слишком светлым. Объект, который светлее среднего, на фотографии выйдет слишком темным. Поэтому более темные объекты следует снимать с объективом, задиафрагмированным примерно на полделения больше, а более светлые — на полделения меньше.

При съемках с автоматической вспышкой проблемы, связанные с определением необходимой световой отдачи, могут возникнуть в тех случаях, когда объект съемки занимает лишь небольшую часть кадра и несколько выступает перед фоном. В такой ситуации фотоприемник вспышки воспринимает свет, отраженный не только самим объектом, но и частично фоном. Поскольку фон находится несколько дальше, чем объект, интенсивность отраженного им света меньше, чем света, отраженного объектом. Чтобы частично компенсировать это несоответствие, вспышка «обеспечит» экспонирование достаточной длительности, и в результате на фотографии объект будет выглядеть слишком светлым. Во всех подобных ситуациях, т. е. когда свет, отраженный окружающими предметами, существенно отличается по интенсивности от света, отраженного объектом, следует очень тщательно следить за тем, чтобы fotocувствительный элемент (сенсор) был направлен точно на объект.

При работе со вспышками, у которых сенсор встроен в корпус, требуется очень тщательная регулировка положения всей вспышки. Если при съемке вспышку и камеру держать в руках, как правило, необходимо использовать специальную скобу, соединяющую вспышку с камерой. При съемке со вспышкой, сенсор которой монтируется в ползках камеры, ориентация сенсора автоматически будет точной, а правильная ориентация самой вспышки уже не столь критична.

Во многих автоматических вспышках предусмотрено отключение автоматического режима выбора длительности излучения, что позволяет использовать их в чисто ручном режиме. Обычно для этого сенсор закрывается встроенным в корпус крышки непрозрачным щитком, в результате чего на него вообще не падает свет. В итоге лампа генерирует вспышку максимально возможной длительности. Когда вспышка используется в таком режиме, экспозиция рассчитывается так же, как и для неавтоматических вспышек, на основании ведущего числа, указанного заводом-изготовителем.

В некоторых автоматических вспышках тиристорного

типа при работе в неавтоматическом режиме длительность излучения и, следовательно, полная энергия вспышки регулируются с помощью автоматического электронного переключателя, который включает в схему вместо фотоприемника переменное сопротивление. Таким образом, время, необходимое для достижения заданного уровня напряжения на конденсаторе интегратора, а значит, и длительность вспышки зависят от величины этого сопротивления, а не от интенсивности падающего на фотоэлемент света. Величина сопротивления может меняться либо непрерывно путем вращения специальной ручки, либо дискретно путем перемещения галетного переключателя. Галетный переключатель имеет восемь фиксированных положений, соответствующих различной энергии излучения, начиная от полной мощности с длительностью вспышки $1/400$ с до $1/128$ доли максимальной мощности, при которой длительность вспышки составляет всего лишь $1/50000$ с.

При работе с автоматическими вспышками с очень малой длительностью излучения как в ручном, так и в автоматическом режиме может возникнуть проблема, связанная с нарушением закона взаимозаменяемости, которое может оказаться разным для каждого светочувствительного слоя цветной пленки. В результате на цветной фотографии могут появиться нежелательные цветовые оттенки. Одним из возможных решений этой проблемы является использование фильтра, дополнительного по цвету к нежелательным цветовым оттенкам. Фильтр устанавливают либо на объективе камеры, либо на вспышке. В первом случае к фильтру предъявляются очень жесткие требования, поскольку он не должен ухудшать оптическое качество объектива. Поэтому для этих целей подходят лишь фильтры из оптического плоскопараллельного стекла или в крайнем случае желатиновые компенсационные фильтры, предназначенные для объективов. Во втором случае фильтр практически не оказывает никакого влияния на разрешающую способность снимка, и поэтому требования к его качеству не столь жесткие. Это может быть любой подходящий по светопропусканию фильтр, даже из тех, которые предназначены для цветовой коррекции при цветной фотопечати (корректирующие фильтры). Кроме того, фильтры, установленные на вспышке, практически не влияют на экспозицию снимка другими источниками освещения (если они есть), спектральный состав которых отличается от спектра излучения вспышки.

Расположение вспышки и характер освещения

Многие современные камеры имеют специальные ползки, которые выполняют несколько функций. Во-первых, на них крепится вспышка или другое дополнительное приспособление, во-вторых, они обеспечивают необходимое электрическое соединение между камерой и вспышкой, исключая тем самым необходимость в отдельном синхронизирующем кабеле. Однако в обычной фотографии близость

Фото 144.

Слева — фотосъемка производилась с импульсной лампой, установленной непосредственно на камере. Освещение оказалось плоским и не моделирующим.

Справа — фотосъемка производилась со вспышкой, расположенной над камерой и слегка сбоку от нее, в результате изображение стало более рельефным.



вспышки к оптической оси объектива приводит к очень плоскому и неинтересному освещению и при фотографировании людей и животных часто дает так называемый *эффект «красного глаза»* — явление, обусловленное отражением света вспышки от сетчатой оболочки глаза — ретины. Особенно ощутимо этот эффект проявляется при съемках с небольшими карманными вспышками, в которых используются одноразовые магниевые лампы-вспышки. Частично эту трудность можно преодолеть путем увеличения расстояния между вспышкой и объективом с помощью специального кронштейна.

В большинстве случаев повседневной фотографии наилучшие результаты получаются тогда, когда вспышка располагается сверху и сбоку от камеры. Это дает более естественное освещение с достаточно хорошей проработкой деталей и ощущением глубины изображения. Эффективный размер вспышки как источника освещения зависит от физических размеров и оптических свойств ее отражателя и обычно весьма невелик, что приводит к появлению резких и жестких теней, которые затрудняют фотографирование объектов, требующих мягкого освещения. Поэтому перед головкой вспышки помещают диффузор — лист кальки или

Фото 145.

Фотосъемка со вспышкой при прямом и отраженном освещении.

Слева — при съемке использовался свет, отраженный от потолка. В этом случае вспышку следует экранировать так, чтобы на объект попадал только отраженный свет. Хотя на изображении нет четко очерченных теней, оно достаточно рельефно с хорошей проработкой отдельных деталей лица. Справа — съемка производилась с прямым освещением вспышкой; изображение стало более контрастным. Подсветку вспышкой в отраженном свете лучше всего использовать в тех случаях, когда требуется мягкое освещение без резких теней, в частности в портретных съемках.





Фото 146.

Для подсветки рыночного прилавка, защищенного от солнца тентом, использовалась одна вспышка. При этом диафрагма и скорость затвора выбирались таким образом, чтобы точно согласовать экспозицию, необходимую для съемки прилавка, с экспозицией, необходимой для съемки освещенного солнцем фона. Если бы съемка производилась только при естественном освещении, то экспозицию нужно было бы устанавливать либо по теневой области, либо по освещенному фону. В первом случае был бы сильно передержан фон, а во втором — недодержана сцена под тентом.

белый носовой платок, который в этом случае играет роль источника света. Более мягкое освещение при использовании вспышки можно получить также с помощью метода *отраженной вспышки*, когда свет, исходящий от вспышки, отражается от какой-либо подходящей поверхности, в результате чего освещение становится более мягким с менее отчетливыми тенями. Для цветной фотографии такая поверхность должна быть по возможности нейтральной в цветовом отношении, поскольку в противном случае отраженный свет может приобрести цветовой оттенок этой поверхности и на фотографии проявятся нежелательные цветовые тона. Для этих целей вполне подходит стена, выкрашенная белой вододисперсионной краской, или низкий белый потолок. Конструкцией некоторых вспышек предусмотрена возможность изменять положение головки вспышки относительно ее корпуса. Это позволяет направлять свет вспышки вверх или вбок в сторону выбранной поверхности. Одна из фирм выпускает специальное дополнительное приспособление — держатель, который крепится на корпусе вспышки и в который можно вставить, например, лист белого картона; при этом объект освещается светом, отраженным от этого листа.

Другой способ реализации освещения объекта съемки отраженным светом, часто применяемый в студийной фотографии, состоит в использовании фотографического зонтика, внутренняя поверхность которого покрыта светоотражающей тканью или другим материалом. Вспышка, смонтированная на ручке зонтика, направляется на отражающую поверхность, от которой свет отражается в сторону объекта. Отражающая поверхность фотографических зонтиков делается матово-белой, что дает рассеянный свет, или металлизированной, что дает гораздо более направленное и яркое освещение с более резкими тенями.

Фото 147.

За исключением слабого освещения, пробивающегося через вход, вся пещера погружена во тьму. *Слева* — при определении экспозиции по освещенности входа изображение пещеры оказывается непроработанным. *Справа* — пещера освещалась небольшой электронной вспышкой. При этом вначале определялась необходимая диафрагма для съемок со вспышкой, а затем выбиралась скорость затвора, необходимая для правильной экспозиции (при такой диафрагме) освещенного входа. Включение в кадр фигур людей позволяет получить представление о размерах пещеры.



Расчеты экспозиции при использовании отраженного освещения довольно сложны, поскольку экспозиция зависит от отражающей способности поверхности, на которую направляется свет вспышки. Один из способов определения экспозиции при отсутствии специального экспонометра — флэшметра состоит во временной замене вспышки лампой накаливания и использовании обыкновенного экспонометра (если камера имеет встроенный экспонометр, то это идеально) для измерения разницы между диафрагмой объектива, необходимой для прямого и отраженного освещения. Значение диафрагмы можно определить для любой скорости затвора, если в обоих случаях скорость затвора одинакова. Если, например, с обычной лампой накаливания, направленной на объект, экспонометр показывает выдержку у 30 с для диафрагмы 1:8, а с лампой, направленной так, что свет отражается от потолка или стены, показания соответственно составляют 1/30 с при 1:4, то увеличение выдержки, необходимое из-за потерь света, составляет величину, соответствующую разности между 1:4 и 1:8, т. е. два деления. Если лампы накаливания заменить вспышкой, то нужную диафрагму объектива можно определить следующим образом. Вначале определяют диафрагму при прямом освещении вспышкой (она будет равна отношению ведущего числа к расстоянию от вспышки до объекта), а затем диафрагму объектива открывают дополнительно на величину, равную разности предыдущих показаний экспонометра, т. е. на два деления.

При работе с автоматическими вспышками, в которых сенсор остается направленным на объект, а сама вспышка — куда-либо в другую сторону (т. е. со вспышками с вращающимися головками или же выносными сенсорами), необходимая выдержка при отраженном освещении определяется автоматически, поскольку сенсор измеряет свет, отраженный объектом, при этом автоматически учитывается потеря света на отражение. Автоматическая вспышка, в которой положение сенсора относительно головки фиксировано, не будет автоматически давать правильной выдержки при отраженном освещении, так как он облучается светом, отраженным от поверхности, а не от объекта. По этой причине при работе в режиме отраженного освещения такие вспышки следует устанавливать на ручной режим.

Вспышка как источник дополнительного освещения

Помимо того что вспышки часто используются как основной источник освещения при съемках в помещениях, они являются простым и удобным средством дополнительного освещения, например, при съемке в условиях естественного освещения. Так, например, внутри здания дневной свет, проникающий сквозь окна, часто недостаточен для освещения всего помещения, в результате чего слабо освещенные области окажутся на фотографии слишком затемненными и с

недоработанными деталями. Поскольку человеческий глаз легко адаптируется к уровню освещенности очень небольших участков, любая разница в освещенности между такими участками кажется глазу достаточно небольшой. Однако эта разница отчетливо проявится на пленке, которая не столь совершенна, как глаз, и фиксирует объекты, имеющие сравнительно узкий диапазон контрастностей. По этой причине перед съемкой целесообразно определить освещенность каждого участка комнаты с помощью экспонометра. При дополнительном освещении затемненных участков с помощью вспышки следует прежде всего установить диафрагму объектива. Затем устанавливается скорость затвора, обеспечивающая требуемую выдержку при данной диафрагме для тех участков комнаты, которые освещены только естественным светом. Если замер экспозиции по дневному освещению затемненных участков, подсвеченных импульсной лампой, лишь на одно деление меньше, чем освещенность участков, ярко освещенных дневным светом, следует сделать поправку к установленной диафрагме с учетом влияния естественного освещения. Окончательное значение диафрагмы должно быть немного меньше значения, определяемого по освещенности темных участков, исходя из условий освещения только импульсной лампой.

Использование вспышки для подсветки небольших участков объекта, недостаточно освещенных основным источником, при фотосъемках на открытом воздухе при солнечном свете называют методом «синхро-солнца». Этот метод подсветки особенно эффективен при портретных съемках. Например, фотография миловидной девушки будет особенно удачной, если солнце находится позади снимаемой, так что ее волосы будут пронизаны солнечными лучами. Если солнце расположено за девушкой и не светит ей в глаза, она будет чувствовать себя свободной и выглядеть более естественной. Однако сделать хорошую фотографию только при таком естественном освещении довольно трудно, поскольку пленка не может «справиться» с чрезмерным световым контрастом между лицом девушки, находящимся в тени, и ярко освещенными окружающими ее предметами. Если выдержка достаточна для съемки лица, то все окружающее будет выглядеть темным, и наоборот. Качество изображения можно несколько улучшить, если воспользоваться рефлектором, например большим листом белой бумаги или картона, для подсветки лица. Лучше, однако, для этой цели воспользоваться вспышкой. В первом приближении можно сказать, что интенсивность вспышки должна составлять половину интенсивности, которая потребовалась бы для съемки при освещении только со вспышкой. Если экспозиция будет больше, то фотография будет выглядеть ненатуральной, а если меньше, то тени будут недостаточно проработаны. При съемке с неавтоматической вспышкой сначала следует определить диафрагму объектива при условии, что вспышка



Фото 148.

Использование импульсной лампы для подсветки при фотосъемках на открытом воздухе. *Слева* — фотосъемка производилась только при естественном освещении, при этом экспозиция определялась по освещенности травы. Поскольку солнце находилось сзади девушки, ее лицо оказалось в тени и его изображение получилось слишком темным. *В центре* — фотосъемка производилась с практически оптимальной подсветкой. Длительность вспышки составляла примерно половину длительности, необходимой для съемки только со вспышкой; экспозиция не менялась. В данном случае «эффект вспышки» не так бросается в глаза и портрет выглядит вполне естественным. *Справа* — фотосъемка производилась с чрезмерной подсветкой. Экспозиция была той же, однако длительность вспышки была слишком велика, поэтому освещение кажется ненатуральным.

является единственным источником освещения. При этом надо иметь в виду, что при съемке на открытом воздухе без каких-либо дополнительных отражающих поверхностей ведущее число может оказаться меньше указанного в описании вспышки. Диафрагму следует выбрать на одно деление меньше, чем дает расчет на основе значения ведущего числа. Таким образом, если эффективное ведущее число вспышки при съемке на открытом воздухе составляет 40, а расстояние от вспышки до объекта 5 м, то диафрагма, необходимая при съемке только со вспышкой, будет равно 1:8. Уменьшив полученное значение в два раза, получим необходимое значение диафрагмы при использовании вспышки как источника дополнительного освещения: 1:11.

Далее необходимо установить скорость затвора, обеспечивающую нужную экспозицию для окружающих предметов при выбранной диафрагме. Эта скорость не должна превышать максимально допустимую для данного затвора, при которой возможна еще полная синхронизация вспышки. Поэтому вспышка должна быть достаточно мощной, чтобы можно было работать с сильно задиафрагмированным объективом, если это необходимо для правильной экспозиции окружающих предметов. Скорость центрального затвора обычно не лимитируется, поэтому здесь можно пользоваться довольно большими диафрагмами и, следовательно, снимать со сравнительно маломощными вспышками. При съемке камерами со шторным затвором скорость, как правило, не должна превышать 1/125 с с вертикальными шторами и 1/60 с с горизонтальными. При съемках на ярком солнце для правильной экспозиции освещенных предметов (при таких скоростях) требуется очень небольшая диафрагма, в результате чего для подсветки теней требуется сравнительно мощная вспышка. Таким образом, при съемке камерами со шторными затворами пользоваться дешевыми маломощными вспышками



Фото 149.

Фотосъемка производилась при комбинированном освещении: от солнца, находящегося позади объекта и электронной вспышки, расположенной непосредственно над камерой. Поскольку девочка двигалась довольно быстро, экспонирование при солнечном освещении со скоростью затвора $1/30$ с дало смазанное изображение девочки и качелей. На это изображение накладывалось резкое изображение, полученное при экспонировании при излучении вспышки, длительность которого была достаточно малой, чтобы «заморозить» любое движение.



Фото 150.

Фотосъемка производилась в основном с помощью электронной вспышки, что позволило получить резкое изображение автомобиля на автодроме и его пассажиров. Скорость затвора составляла $1/15$ с, при этом камера перемещалась вслед за объектом. Огни на заднем плане видны как яркие полосы, что хорошо передает атмосферу аттракциона.

практически невозможно.

Автоматические вспышки можно использовать при съемке методом «синхро-солнца», установив сенсор вспышки в положение на одну ступень больше, чем реально установленное на объективе значение диафрагмы. Если, например, для съемки освещенных солнцем окружающих предметов нужна выдержка составляет $1/60$ с при диафрагме $1:11$, то диафрагменное кольцо на пульте вспышки должно быть установлено в положение $1:8$. Это позволит «обмануть» вспышку и заставить ее излучить лишь половину мощности, которая потребовалась, если бы объект освещался только вспышкой. Следует избегать попадания прямого солнечного света в окно сенсора вспышки; это может привести к сокращению длительности вспышки, так как в момент вспышки сенсор не может различить собственно свет вспышки, отраженный объектом, и свет от какого-нибудь другого источника.

Если требуемая подсветка отличается от даваемой вспышкой с половинной нормальной интенсивностью, то ее можно скорректировать регулировкой сенсора вспышки. Так, если в предыдущем примере, где выдержка определяется по освещенности окружающих предметов (скорость затвора $1/60$ с, диафрагма $1:11$), установить вспышку на деление $1:5,6$, то энергия вспышки даст только четверть нормальной интенсивности, и в результате тени будут недостаточно проработаны. Если требуется какая-то другая интенсивность подсветки при работе с неавтоматической вспышкой, то для получения необходимой интенсивности следует разумно выбрать значение диафрагмы объектива. Скорость затвора следует установить такой, чтобы освещенные солнцем окружающие предметы проявились на фотографии достаточно детально.

Автоматические вспышки, обладающие возможностью регулировки их выходной мощности в ручном режиме, представляют собой идеальное средство для фотографии методом «синхро-солнце», поскольку они позволяют просто и точно регулировать выходную мощность вспышки, необходимую для получения достаточной подсветки при заданном диафрагмировании объектива и определенном расстоянии от вспышки до объекта.

Фотосъемка с несколькими импульсными лампами

Во многих случаях съемку приходится проводить с множественной вспышкой, т. е. использовать одновременно не одну, а несколько ламп. Например, для равномерного освещения при съемке внутри помещения могут потребоваться несколько вспышек, освещающих различные области помещения. Точно так же при портретной съемке отдельные вспышки могут выполнять функции источника основного, дополнительного или фоновое освещения.

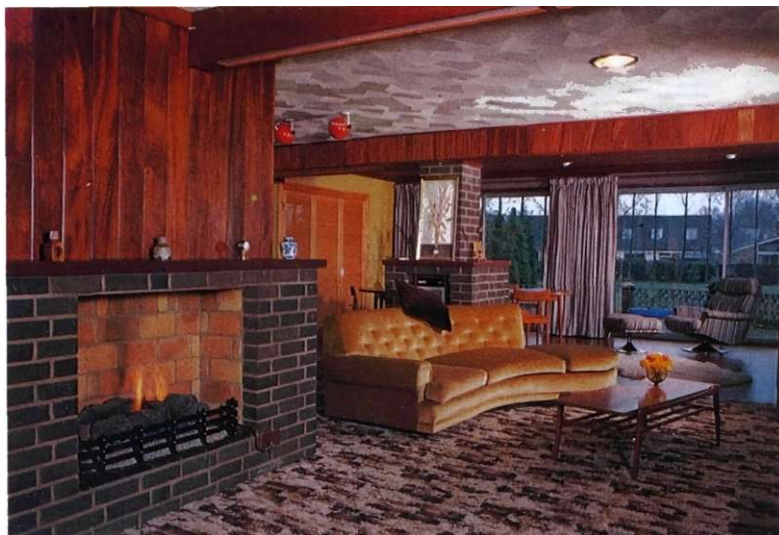
Основное требование при съемке с несколькими вспышками состоит в том, что все вспышки должны излучать в



Фото 151.

Для равномерного освещения большой комнаты использовались три вспышки: одна рядом с камерой (*первый снимок*), другая — в центре комнаты (*второй снимок*) и третья — в дальнем конце комнаты (*третий снимок*). После определения диафрагмы с учетом излучения вспышки определялась скорость затвора, обеспечивающая правильную экспозицию при данной диафрагме и дневном освещении для выявления некоторых деталей сада, видимого через окно. Фотосъемка только при дневном освещении позволила выявить плафоны на потолке и огонь в камине (*четвертый снимок*). Фотосъемка производилась в сумерки в пасмурную погоду, $1/8$ с, $1:11$, Ektachrome 64.

то время, когда открыт затвор камеры. Обычно это означает, что они должны быть каким-либо образом синхронизированы как с камерой, так и между собой. Существуют два способа синхронизации вспышки. Один из них состоит в непосредственном электрическом соединении вспышек между собой через специальный адаптер, к которому подсоединяются синхроконттакты вспышек, и одновременном их подключении к синхроконтaktu камеры. Однако при таком способе синхронизации вспышки должны быть одного типа. В противном случае непосредственное электрическое соединение вспышек может нарушить надежность работы каждой из них или даже полностью отключить одну вспышку или несколько. Кроме того, синхроконттакты затвора камеры — это довольно тонкое устройство. Если они служат вполне надежно при работе с одной вспышкой, то режим, в котором они должны пропускать суммарный ток от всех подключенных к ним ламп, может значительно сократить срок их службы, а в некоторых случаях эти контакты могут просто оплавиться. Другой применяемый способ синхронизации двух и более вспышек состоит в использовании дополнительных пусковых устройств (светосинхронизаторов). Это специальные фотоэлектрические приборы, регистрирующие внезапное увеличение освещенности, которое происходит, например, в момент начала работы одной из вспышек, и тут же включающие остальные вспышки. Обычно вспышка, расположенная ближе к камере, непосредственно подсоединяется к синхроконтakтам затвора и запускается обычным образом. Каждая дополнительная вспышка присоединяется к своему собственному светосинхронизатору, который включает ее после начала работы первой вспышки. Электронная схема такого светосинхронизатора обладает настолько высоким быстродействием, что в обычных условиях задержка между началом запуска первой вспышки и остальных совершенно незаметна. Большинство светосинхро-



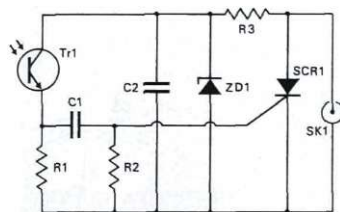


Рис. 109.

Принципиальная схема простого синхронизатора, который можно легко сделать самим. Цепь, состоящая из фототранзистора Tg1, конденсатора C1 и сопротивлений R1 и R2, регистрирует резкое увеличение интенсивности света при срабатывании вспышки и запускает тиристор SCR1. Этот тиристор в свою очередь запускает вторую вспышку, подключенную через синхронизирующий кабель к разъему SK1. Задержка во времени срабатывания между первой и второй вспышками настолько мала, что незаметна при обычной фотографии. Синхронизатор не требует автономного питания, а питается от источника вспышки через тот же синхронизирующий кабель. Сопротивление R3 и диод Ценера ZD1 снижают напряжение до 20 В, что достаточно для накопления в конденсаторе C2 энергии, необходимой для запуска тиристора. Полярность разъема соответствует полярности выходных контактов большинства выпускающихся вспышек. Если окажется, что синхронизатор не работает с некоторой конкретной вспышкой, то это скорее всего потому, что перепутана полярность контактов вспышки и разъема SK1. Яркое внешнее освещение не может запустить синхронизатор, однако оно может существенно снизить его чувствительность. По этой причине целесообразно заэкранировать фототранзистор от внешнего освещения. Если используется транзистор TIL78, этого можно добиться, сделав бленду небольшой длины из непрозрачного материала. Спецификации: R1= 56 кОм; R2= 10 кОм; R3= 5,6 МОм; C1= 0,02 мкФ; C2= 0,1 мкФ; Tg1 — фототранзистор TIL78 или аналогичный; ZD1 — диод Ценера, 20 В, 400 мВт; SCR1 — тиристор C106D или аналогичный; SK1 — разъем диаметром 3 мм (гнездо). Подробное описание устройства синхронизатора может оказаться полезным даже для читателя, который сам не является радиолюбителем. Все элементы схемы выпускаются серийно. Монтажная схема устройства не принципиальна. Синхронизатор можно собрать на гетинаксовой плате и поместить в подходящий кожух.

низаторов не имеет собственных источников питания: они потребляют очень небольшую энергию, необходимую для их работы, от синхроконтатов вспышки.

Светосинхронизаторы обычно имеют достаточно высокую чувствительность и срабатывают от света, отраженного от стен или потолка. Поэтому при фотографировании внутри помещения дополнительные вспышки и их светосинхронизаторы можно разместить за колоннами или мебелью так, чтобы они не попали в поле зрения камеры. Преимущество использования светосинхронизаторов особенно ощутимо, когда вспышки разнесены на довольно значительные расстояния, поскольку чисто оптическая связь вспышек позволяет обойтись без соединительных проводов, которые могут попасть в кадр.

«Открытая вспышка»

При съемках в условиях очень слабого освещения, например внутри темного помещения, нет необходимости синхронизировать вспышку с затвором фотоаппарата и можно воспользоваться методом «открытой вспышки». Для этого камера устанавливается на штатив, затвор ставится в положение В и открывается. После этого вспышка включается вручную и затвор закрывается. Метод «открытой вспышки» позволяет, например, осуществлять фотосъемку с одной вспышкой, последовательно освещая различные участки снимаемой сцены. Чтобы получить хорошую фотографию, надо иметь помощника, который будет управлять вспышкой. Место для вспышки определяют заранее. Затвор устанавливают в положение В, открывают и производят вспышку.

Затем помощник переходит в другое место, снова производит вспышку, переходит в следующее место и т. д. (а затвор остается все время открытым). На то время, когда помощник переходит с одного места в другое, имеет смысл закрыть объектив камеры куском черного картона или бумаги, чтобы воспрепятствовать попаданию в объектив какой-либо паразитной засветки. При этом надо стараться не задеть камеру. Как только будет произведена вспышка из последнего запланированного места, затвор закрывается.

Проверка наличия бликов

Если вспышка не является студийной, т. е. не дает рельефного освещения, то характер освещения предсказать довольно трудно. Поэтому надо принять все меры, чтобы исключить появление бликов на окнах и полированных предметах вследствие отражения вспышки. Для этого надо посмотреть на объект с места съемки, попросив помощника осветить его фонарем. Если при этом на поверхности объекта съемки появятся какие-либо отражения света фонаря (блики), то положение вспышки следует изменить.

Импульсные лампы специального назначения

Помимо автоматических и неавтоматических вспышек,

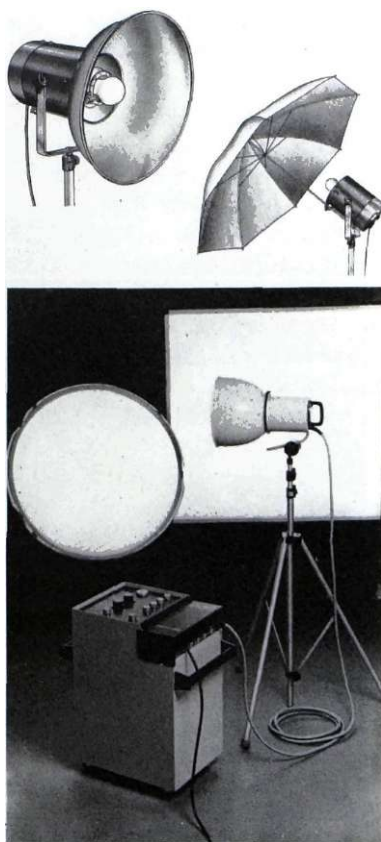


Рис. 110.

Вверху — студийная вспышка (с рефлектором и фотографическим зонтиком), головка которой является автономным блоком, непосредственно подключающимся к источнику питания. *Внизу* — студийная вспышка, конденсатор и цепи зарядки которой для нескольких головок находятся в отдельном наполном блоке, к которому можно подключить сразу несколько головок; в данном случае три головки — одна с маленьким рефлектором и две с большими диффузорами. (С разрешения фирмы-изготовителя Brop Elektronik AG.)



Рис. 111.

Типичная кольцевая вспышка, состоящая из отдельного блока питания и кольцевой головки, надетой на объектив.

предназначенных для обычной фотографии, выпускаются вспышки специального назначения. К ним прежде всего относятся мощные устройства для студийной фотографии, питающиеся исключительно от сети и не допускающие возможности работы от батарей. Такие вспышки делятся на две категории: вспышки, в которых конденсаторы и цепи зарядки располагаются в головке лампы и сама лампа, таким образом, представляет самостоятельный, независимо функционирующий прибор, непосредственно подключаемый к источнику питания, и вспышки, в которых конденсаторы и цепи зарядки размещены в одном стационарном блоке, к которому одновременно могут подключаться сразу несколько ламп. В головки вспышек обоих типов обычно встроена лампа накаливания, что позволяет визуально оценить характер освещения и его распределение на объекте съемки. Обычно энергию вспышки можно регулировать, при этом в большинстве устройств автоматически изменяется яркость свечения лампы накаливания. Это дает возможность контролировать характер и баланс освещения. Время перезарядки таких устройств очень мало, что особенно важно при многократной последовательной съемке, например при фотографировании демонстрации мод, когда необходимо быстро сделать много последовательных снимков, чтобы потом можно было выбрать нужное выражение и позу манекенщицы. Головки вспышек обычно делают без встроенных рефлекторов, поскольку многие фирмы выпускают набор самых разнообразных сменных рефлекторов различных размеров, включая зонтики, диффузоры и другую подобную аппаратуру, которая крепится на базовой головке.

При фотографировании очень крупным планом часто возникает проблема, связанная с недостаточной освещенностью объекта. Фронтальная подсветка при этом, как правило, невозможна из-за того, что объект находится слишком близко к объективу камеры. Поэтому приходится подсвечивать объект несколько сбоку, и в результате фотография рельефного объекта оказывается испорчена густыми тенями с совершенно непроработанными деталями. Во многих случаях эту проблему можно разрешить с помощью кольцевой вспышки, состоящей из кольцевой газоразрядной трубки и отражателя, которые надеваются на объектив камеры. Это устройство дает ровное почти бестеневое освещение, позволяющее выявить все неровности и шероховатости объекта. Кольцевая вспышка часто используется в медицинской фотографии для бестеневого освещения таких объектов, как полость рта, которую иным способом осветить практически невозможно.

Довольно большая доля излучения вспышки лежит в инфракрасной области спектра и в обычной фотографии никак не используется. Однако если пластиковое окно импульсной лампы закрыть подходящим фильтром, например типа Wratten 88A, который поглощает практически весь видимый свет и почти полностью пропускает свет инфракрасного диапазона, то такую вспышку можно использовать как источник ИК-



Фото 152.

Изображение одного и того же объекта, полученное при фотосъемке с небольшой обычной вспышкой (*вверху*) и кольцевой вспышкой (*внизу*). Поскольку объектив располагался слишком близко к объекту, вспышку пришлось поместить сбоку. В результате на фотографии проявились резкие тени, скрывшие тонкие детали механизма часов. Кольцевая вспышка, надетая на объектив, дает почти бестеневое освещение, что позволяет равномерно осветить самые глубокие впадины объекта.



Фото 153.

Тюльпан. Фотосъемка производилась с кольцевой вспышкой, надетой на объектив камеры (почти бестеневое освещение).

излучения. Например, в судебной практике съемкой в инфракрасных лучах на специальную пленку пользуются для обнаружения некоторых деталей объекта, невидимых невооруженным глазом. Подобная техника может использоваться, скажем, и для наблюдения за объектом так, чтобы он этого не заметил. Дело в том, что вспышка такого рода видна лишь как кратковременное и очень слабое темно-красное свечение, совершенно не привлекающее внимания. Специально для этих целей одна из фирм выпускает вспышку, в которой пластиковое окно затенено постоянно установленным светофильтром, целиком пропускающим свет инфракрасного диапазона и поглощающим весь видимый свет. Естественно, что вместо такой вспышки можно воспользоваться любой другой, поместив на окно соответствующий светофильтр.

Некоторые фирмы выпускают электронные вспышки для съемок под водой. Такие вспышки помещают в специальные прочные водонепроницаемые боксы, выдерживающие значительное давление воды на глубине.

Меры предосторожности

Практически все электронные вспышки питаются от низковольтных источников напряжения, однако излучаемый ими свет генерируется в результате разряда высокого напряжения через газоразрядную трубку. Энергия, необходимая для вспышки, накапливается в конденсаторе, который обычно заряжается до нескольких сотен вольт, поэтому вспышку ни в коем случае нельзя вскрывать и разбирать самим. При работе со вспышкой надо постоянно следить за тем, чтобы в корпус лампы не попадала вода. Если это произойдет, то вспышка будет испорчена, поскольку недистиллированная вода является достаточно хорошим проводником, и, кроме того, возникает вероятность поражения электрическим током. Если съемка осуществляется в условиях повышенной влажности, то вспышку следует поместить в прозрачный водонепроницаемый целлофановый мешок. Он предотвратит попадание воды на вспышку и лишь незначительно ослабит ее световую отдачу.



Фото 154.

Кот, пытающийся поймать струю парного молока, —великолепный образец фотоискусства. (Снимок был сделан более 30 лет тому назад с применением одной из первых электронных вспышек для «замораживания» движения.)

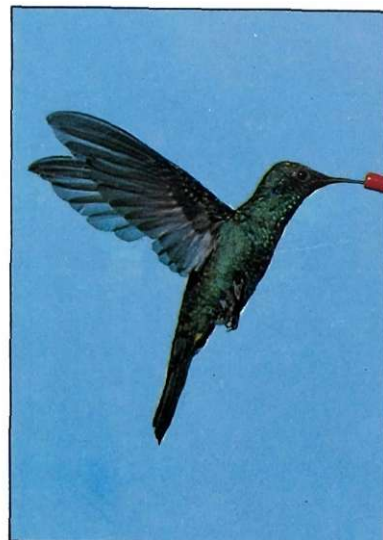
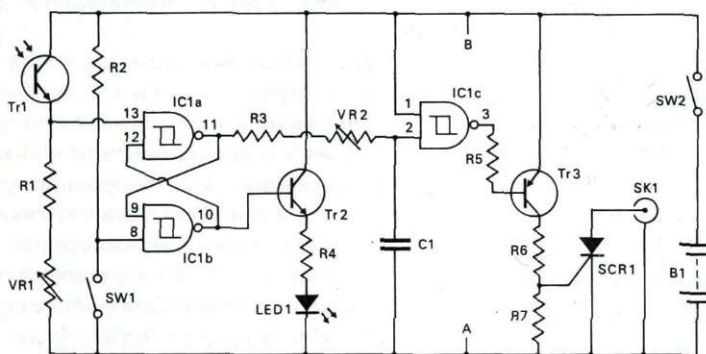


Фото 155.

Колибри. Фотосъемка производилась с помощью более современной импульсной лампы, в которой длительность вспышки, а следовательно, и интенсивность ее излучения можно регулировать вручную. В данном случае длительность вспышки составляла $1/6400$ с, вполне достаточную для «замораживания» движения этой пичужки, крылья которой совершают более 50 взмахов в 1 с. Птицу подманили к кормушке (часть кормушки видна с правой стороны снимка); фоном служил кусок голубого картона, имитирующий небо.

Рис. 112.

Принципиальная схема реле задержки, позволяющего регулировать задержку между моментом прерывания светового луча и срабатыванием вспышки. SW2 — обычный выключатель в цепи питания; SW1 — кнопочный выключатель, приводящий устройство в состояние готовности перед фотографированием. Светодиод LED1 загорается, когда устройство готово к работе, и гаснет в момент прерывания светового луча. Потенциометр VR1 регулирует чувствительность прибора при заданной интенсивно-



сти освещения и яркости светового луча. Если чувствительность недостаточна, то светодиод гаснет при нажатии кнопки SW1; если чувствительность слишком велика, то прибор при прерывании луча может не сработать. Потенциометр VR2 регулирует длительность задержки между моментом прерывания луча и срабатыванием вспышки. Диапазон изменения задержки зависит от характеристик используемой интегральной схемы. Однако для приведенных здесь величин VR2, R3 и C1 он меняется от 11 до 200 мс. Для увеличения задержки емкость C1 нужно увеличить, а для уменьшения — уменьшить. Конденсатор C1 не должен быть электролитическим. IC1 — это интегральная схема типа CMOS, и при работе нужно выдерживать режим напряжений на входе, чтобы не повредить ее. Разъем SK1 при полярности, указанной на схеме, пригоден для соединения с большинством импульсных ламп, однако, так же как и в случае описанного выше

синхронизатора, для некоторых типов может понадобиться изменение полярности. Спецификации: R1= 4,7 кОм; R2= 100 кОм; R3=5,6 кОм; R4= 2,2 кОм; R5= 22 кОм; R6= 1 кОм; R7= 1 кОм; VR1 — потенциометр 47 кОм; VR2 — потенциометр 100 кОм; C1 — бумажный, слюдяной (неэлектролитический) конденсатор, 2,2 мкФ; Tr1— фототранзистор TIL78 или аналогичный; TR2 — транзистор BC109 или аналогичный; TR3 — транзистор BC479 или аналогичный; SCR1 — транзистор C106D или аналогичный; LED1 —светодиод TIL209 или аналогичный; IC1 — интегральная схема CD4093B или эквивалентная; SW1 —кнопочный выключатель моментального срабатывания; SW2 —обычный выключатель типа SPST; SK1 — гнездовой разъем 0 3 мм; B1 — источник постоянного напряжения 9 В.

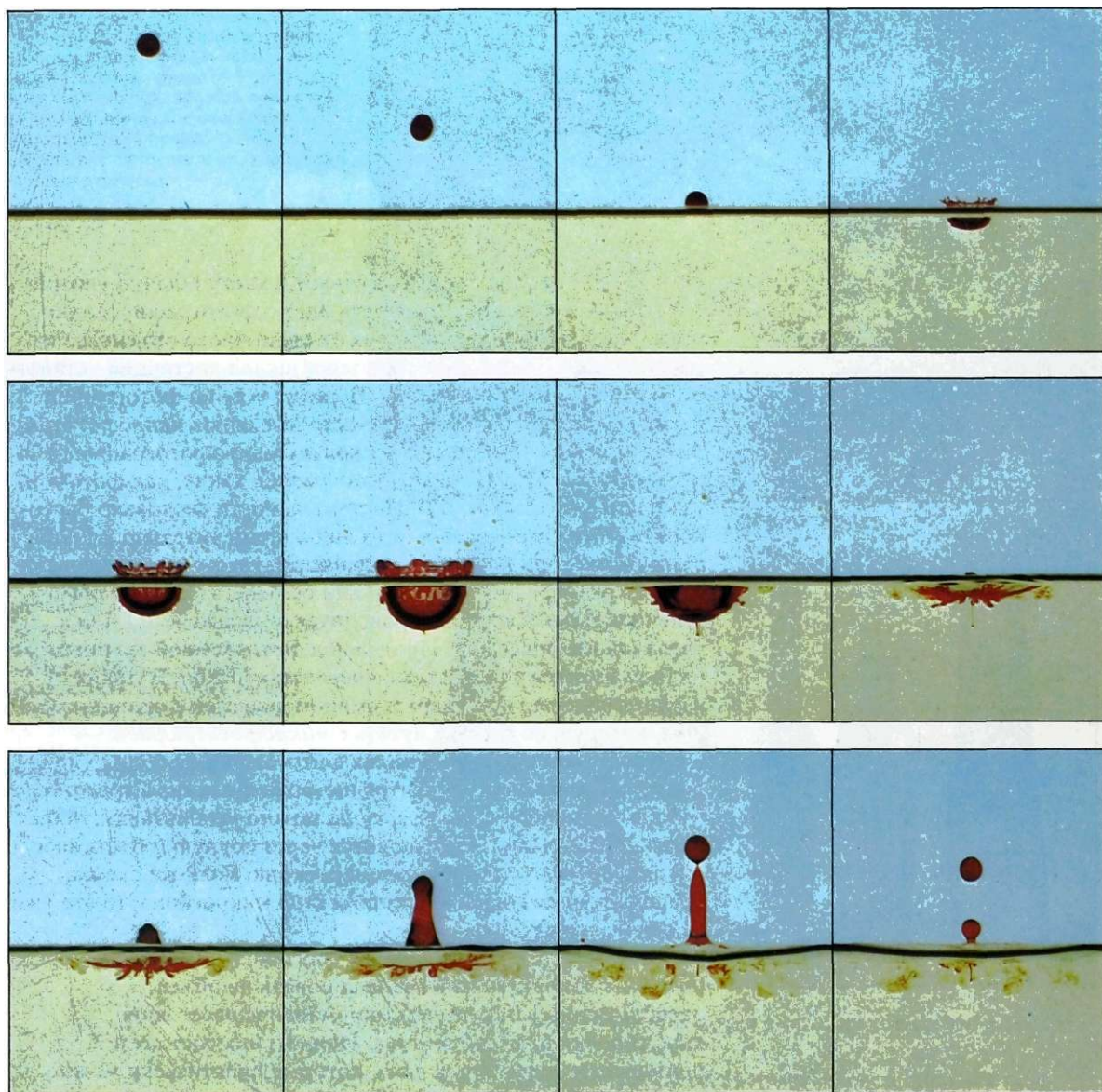


Фото 156.

Капля чернил, падающая в сосуд с водой. Фотосъемка производилась с помощью реле задержки, изображенного на рис. 112. В первый момент при падении капли на ее поверхности образуется «кратер». Затем капля «отскакивает» вверх и уже только потом окончательно погружается в воду. Хотя может возникнуть впечатление, что снималась одна и та же капля через очень короткие промежутки времени, на самом деле на всех снимках показаны разные капли. На каждом снимке капля сама «запускала» устройство задержки; от снимка к снимку время задержки постоянно увеличивалось, запуская вспышку

каждый раз все позднее и позднее.

Чернильные капли выпускались из пипетки, жестко закрепленной в лабораторном штативе на расстоянии около 30 см от поверхности воды. Фототранзистор располагался приблизительно в 10 см от поверхности воды. Световой луч карманного фонаря с собирающей линзой шел горизонтально над поверхностью воды. При этом расстояние между линзой и фототранзистором составляло несколько сантиметров. И источник света, и фототранзистор были жестко закреплены и располагались так, что капля при падении пересекала световой луч и таким образом запускала устройство задержки. Сосуд с водой был сделан из фотографического

стекла, толщина которого составляла приблизительно 5 см. За сосудом был натянут кусок матовой акриловой ткани, за которым помещалась импульсная лампа типа Sunpak Auto Zoom 5000; при съемке использовалась 1/32 доля максимальной мощности вспышки. Длительность вспышки при этом составляла 1/12 500 с, т. е. была достаточной, чтобы «заморозить» падающую каплю. Перед съемками было заготовлено большое количество воды, в которую был добавлен желтый краситель. Поскольку чернильная капля окрашивала воду, ее меняли после каждой съемки. Время задержки варьировалось от 30 мс в первом кадре до 150 мс в последнем.

Фотосъемка крупным планом

Термин *фотосъемка крупным планом* обычно употребляется в тех случаях, когда речь идет о фотографировании объектов (сюжетов), удаленных от съемочного объектива на расстояние, меньшее, чем позволяет шкала дистанций установленного на камере объектива. В литературе по фотографии фотосъемку крупным планом часто называют *макрофотографией*. Однако это неверно, поскольку макрофотография означает изготовление крупных фотографий, таких, как фотомонтажи или фотоплакаты. В действительности следовало бы говорить *фотомакрография*, и то лишь применительно к такой фотосъемке, при которой на пленке получают изображение того же размера, что и объект, или больше, т. е. применительно к съемке, которая проводится в масштабе 1:1 или с увеличением более 1X. Иногда под фотосъемкой крупным планом имеется в виду съемка через микроскоп. В таких случаях более правильным термином является *фотомикрография*, которую не следует путать с *микрофотографией* — изготовлением очень маленьких фотографий, например при репродуцировании документов на микрофильмы. Строго говоря, термин *фотомикрография* можно использовать лишь тогда, когда съемка производится через полную (объектив и окуляр) оптическую систему микроскопа. Если же съемка осуществляется только через объектив микроскопа, то это уже не фотомикрография.

Существует два основных способа, с помощью которых объектив камеры можно сфокусировать на объект, расположенный ближе, чем минимальное расстояние фокусировки этого объектива. Один из них состоит в применении насадочных линз, которые практически можно использовать с камерами любых типов, а другой — удлинительных колец или меха. Этим способом можно пользоваться, только если камера рассчитана на сменную оптику.

Насадочные линзы

Насадочные линзы крепятся на объектив камеры точно так же, как фильтры. Такие линзы фактически укорачивают фокусное расстояние объектива, и лучи света, идущие от объекта, расположенного к объективу ближе, чем его фокусное расстояние, преломляются более резко и поэтому сходятся в фокусе в плоскости пленки, формируя резкое изображение объекта.

Насадочные линзы представляют собой обычные

Фото 157.

Гусеница. Для получения крупного изображения гусеницы использовалась насадочная линза 4-3 дптр, что позволило сфокусировать объектив на достаточно малое расстояние. Небольшая диафрагма (1:16) обеспечила относительно большую глубину резкости.



Фото 158.

В зависимости от типа используемой камеры для съемки подобных объектов могут понадобиться различные дополнительные приспособления, такие, например, как насадочные линзы. Так, при съемке камерой, имеющей видоискатель, вероятнее всего, понадобится насадочная линза +1 дптр. Однако при съемке однообъективной зеркальной камерой скорее всего не потребуются никаких дополнительных приспособлений.



собирающие линзы и выпускаются с оптической силой в 1, 2 или 3 дптр¹.

Одна диоптрия соответствует оптической силе линзы с фокусным расстоянием в 1 м и есть величина, обратная фокусному расстоянию, выраженному в метрах: Оптическая сила, дптр = $1 / \text{Фокусное расстояние, м}$.

Таким образом, линза оптической силы в 1 дптр является собирающей линзой с фокусным расстоянием в 1 м; линза оптической силы +2 имеет фокусное расстояние 0,5 м, а +3 — фокусное расстояние 0,3 м.

Если насадочная линза надета на объектив, сфокусированный на бесконечность, резкое изображение объекта на пленке получится при расстоянии от объекта до камеры,

¹ Диоптрия — единица оптической силы линзы. Знак «+» означает, что линза выпуклая, т. е. собирающая; знак «—» означает, что линза вогнутая. Вогнутые линзы при фотосъемке, как правило, не используются.

Фото 159.

Чтобы не спугнуть лягушку, фотосъемка производилась со сравнительно большого расстояния (около 1,5 м) 35-мм однообъективной зеркальной камерой с 135-мм телеобъективом и 8-мм удлинительным кольцом. Для выделения основного объекта съемки (лягушки) была установлена максимально возможная диафрагма (1:2,8), что привело к очень малой глубине резкости.



равном фокусному расстоянию насадочной линзы, причем это расстояние измеряется от насадочной линзы до объекта. Фокусируя объектив камеры на какое-то конечное расстояние, можно получить резкое изображение объекта, находящегося от объектива на расстоянии, меньшем чем фокусное расстояние насадочной линзы. Для каждой насадочной линзы составляются таблицы, в которых указаны действительные расстояния, на которые сфокусирована система «насадочная линза — объектив» для разных делений на шкале фокусировки объектива. Большинство современных объективов можно сфокусировать на расстояние, меньшее чем 1 м, и, как следует из табл. 4, для таких объективов диапазон

Таблица 4. Расстояние между объектом съемки и насадочной линзой при различных сочетаниях оптической силы линзы и расстояния фокусировки объектива

Отсчет по шкале фокусировки объектива, м	Расстояние между объектом съемки и насадочной линзой см				
	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4 (1+3)	+ 5 (2+3)
∞	100	50	33,3	25	20
10	91	47,6	32,3	24,4	19,6
5	83,3	45,5	31,3	23,8	19,2
3	75	42,9	30	23,1	18,8
2	66,7	40	28,6	22,2	18,2
1,5	60	37,5	27,3	21,4	17,6
1,2	54,5	35,3	26,1	20,7	17,1
1	50	33,3	25	20	16,7
0,8	44,4	30,8	23,5	19	16
0,7	41,2	29,2	22,6	18,4	15,5
0,6	37,5	27,3	21,4	17,6	15

Примечание. Если объектив сфокусирован на расстояние, равное 1 м, то соответствующее расстояние при использовании любой насадочной линзы будет совпадать с расстоянием от объекта до линзы с оптической силой, большей на единицу, при объективе, сфокусированном на бесконечность.

Фото 160.

Марки, разложенные на участке площадью 10 X 15 см, были сфотографированы с помощью нормального объектива и насадочной линзы оптической силой + 3 дптр.



расстояний, на которых можно снимать с конкретной насадочной линзой, перекрывается диапазоном возможных расстояний для линзы другой оптической силы.

Таким образом, фотограф, у которого есть насадочные линзы всех трех оптических сил, может снимать на любом расстоянии между бесконечностью и минимальным расстоянием, допустимым с насадочной линзой в + 3 дптр.

Применение насадочных линз является единственным практическим способом сокращения расстояния фокусировки для камер с фиксированными, т. е. постоянными объективами. Обычно это дальномерные камеры, камеры с видоискателем или двухобъективные зеркальные фотоаппараты. При использовании этих фотоаппаратов для съемки крупным планом особое внимание следует уделять устранению параллакса, возникающего из-за несовпадения оптических осей видоискателя и объектива. Даже если в камере предусмотрена автоматическая коррекция параллакса, то она оказывается обычно эффективной только для расстояний, не меньших рекомендуемого минимального расстояния фокусировки данного аппарата.

Один из способов решения «проблемы параллакса» состоит в применении специальной рамки, ограничивающей ту область объекта, которая будет включена в кадр при данной комбинации *насадочная линза — объектив*. Чтобы рамка не попала в кадр, она должна быть достаточно большой, а длина кронштейна, соединяющего рамку с камерой, должна быть такой, чтобы рамка находилась на нужном расстоянии от камеры.

При съемке с насадочной линзой качество изображения ухудшается, так как линза фактически становится еще одним дополнительным оптическим элементом съемочного объектива, что приводит к увеличению его аберраций. Потеря качества проявляется обычно в виде ухудшения резкости к краям изображения.



Рис. 113.

Удлинительные кольца часто поставляются в виде набора из трех колец различной длины.

В принципе можно существенно сократить расстояние до объекта, если использовать несколько (например, две) насадочных линз одновременно. Однако потери качества изображения при этом будут также существенными. Поэтому если все же фотограф вынужден использовать две насадочные линзы одновременно, то он должен линзу большей оптической силы разместить ближе к объективу.

Удлинительные кольца и мех

Съемка крупным планом однообъективными зеркальными камерами проще, чем камерами любого другого типа, поскольку в первом случае композицию кадра и точность наводки на резкость можно контролировать прямо в окне видоискателя. У большинства однообъективных зеркальных камер объектив может быть физически снят, что дает возможность увеличить расстояния между объективом и камерой. Чем больше это расстояние, тем меньше будет расстояние между объектом и камерой, на котором можно получить резкое изображение. Самый простой способ добиться такого разнесения объектива и камеры — это использовать промежуточные удлинительные кольца, которые вставляются между объективом и камерой. Для этого удлинительные кольца должны иметь точно такой же крепежный механизм, как у камеры, с которой они используются. Обычно удлинительные кольца продаются по одному или в наборах. Типичный набор для 35-мм однообъективной зеркальной камеры содержит три кольца разных размеров, например шириной 12 мм, 20 мм и 36 мм. Кольца можно использовать по одному или в комбинации друг с другом. Таким образом три кольца дают семь возможных вариантов использования. Механизм фокусировки объектива работает при этом точно так же, как и без удлинительных колец, поэтому при каждой комбинации колец получают ограниченный диапазон расстояний до объекта, на которые может быть сфокусирован объектив.

Многие удлинительные кольца относятся к «автоматическому» типу. В таких кольцах есть механизм, который не нарушает механического соединения между диафрагмой объектива и камерой и, таким образом, допускает автоматическую регулировку диафрагмы объектива. Некоторые удлинительные кольца имеют дополнительные устройства для обеспечения съемки с максимальной диафрагмой в камерах с измерением экспозиции по системе TTL. Если такие камеры используются с удлинительными кольцами, не имеющими этого дополнительного устройства сопряжения, то экспозиция и наводка на резкость должна производиться при рабочей диафрагме. Диапазоны расстояний съемки, определяемые возможностями фокусировки с различными комбинациями удлинительных колец, часто не перекрываются и в результате оказывается, что в диапазоне расстояний съемки, в котором можно работать с данным набором колец, существуют провалы. Самый большой провал обычно имеет место между

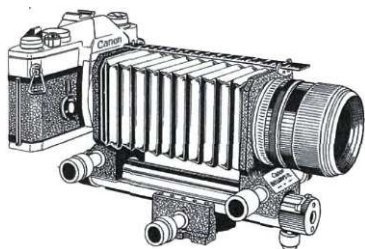


Рис. 114.
Типичный мех. Наличие градуированной линейки позволяет легко измерить величину растяжения, необходимого для вычисления увеличения и определения правильной экспозиции.

минимальным расстоянием фокусировки объектива без каких-либо колец и максимальным расстоянием съемки с самым узким удлинительным кольцом. Когда расстояние до объекта, при котором его изображение заполняет весь кадр, попадает в один из таких провалов, фотограф вынужден несколько увеличить это расстояние и компенсировать уменьшение размера изображения, увеличив масштаб при печати позитива. Можно поступить иначе. Если расстояние до объекта допускает съемку с насадочными линзами, то вместо колец можно поставить соответствующую линзу. Одна из проблем, связанных с применением промежуточных колец, возникает в том случае, когда во время одного цикла фотографирования нужно снять несколько объектов, существенно отличающихся по величине. Это довольно утомительная работа, поскольку для получения необходимого расстояния от объекта до камеры приходится часто менять удлинительные кольца. Эту задачу можно упростить, если вместо удлинительных колец воспользоваться мехом. Мех — это более дорогое устройство, чем удлинительные кольца, но он позволяет непрерывно изменять расстояние между объективом и камерой, что в свою очередь дает возможность производить фотосъемку при любом расстоянии между объектом и объективом (в разумных пределах). Максимальное расстояние от объектива до объекта при использовании меха определяется длиной меха в сжатом состоянии, которая не может быть меньше 30 мм (эта величина может быть различной для меха, изготовляемого разными фирмами). Минимальное же расстояние от объекта до камеры определяется максимальной величиной растяжения меха, которая для типичного устройства составляет около 150 мм.

Расчет увеличения

Использование насадочных линз, удлинительных колец и меха позволяет сократить возможное расстояние между съемочным объективом и объектом съемки до величины, меньшей фокусного расстояния объектива. Однако приближение объектива к объекту является не самоцелью, а лишь способом получения на пленке изображения, величина которого больше, чем можно получить в обычных условиях.

Соотношение между размерами изображения и объекта выражается либо через кратность увеличения, либо через относительную величину — масштаб. В первом случае увеличение характеризуется одной цифрой, которая показывает, во сколько раз величина изображения на пленке больше (меньше) величины объекта. Если, например, изображение вдвое больше самого объекта, то увеличение составляет 2 раза или $2X$; если изображение и объект одного размера, то увеличение $1X$, а если изображение вдвое меньше, чем объект, то увеличение равно $0,5X$. Во втором случае увеличение характеризуется двумя цифрами: первая показывает величину изображения, а вторая — величину объекта. Таким образом, при двукратном увеличении

относительное увеличение (или масштаб) равно 2:1, при однократном увеличении — 1:1 и при 0,5-кратном — 1:2. Увеличение обычно обозначается буквой «т».

Увеличение *ш*, полученное в момент съемки, часто называют *увеличением камеры* для того, чтобы отличить его от *конечного увеличения*, которое определяется отношением размеров объекта и изображения в его окончательном виде. Следует отметить, что это не одно и то же, поскольку изображение, полученное на пленке, в окончательном виде представляет собой либо увеличенную фотографию, либо увеличенную проекцию диапозитива на экране. *Конечное увеличение*, обычно обозначаемое заглавной буквой «М», равно произведению увеличения камеры и увеличения негатива при печати или увеличения при проекции диапозитива.

В практической фотографии «крупным планом» расстояние до объекта, а также ширину колец и растяжение меха обычно подбирают таким образом, чтобы заполнялся весь кадр. Иногда кратность увеличения и реальные размеры объекта не представляют особого интереса. Однако в тех случаях, когда необходимо иметь представление о реальных размерах объекта, на фотографии указываются ширина удлинительного кольца, фокусное расстояние объектива и расстояние, на которое он был сфокусирован. Располагая этими данными, легко вычислить увеличение с помощью простых формул. В оптических расчетах расстояние между объективом и изображением, которое он создает, обычно обозначается буквой «V». Чтобы изображение объекта было резким, на снимке это расстояние должно точно совпадать с расстоянием между объективом и пленкой. Если расстояние от объектива до пленки известно, то увеличение можно вычислить по формуле $m = (V - F) / F$, где F — фокусное расстояние объектива.

Если объект съемки слишком удален от объектива, т. е. объектив аппарата установлен на бесконечность, то значение V в точности равно фокусному расстоянию объектива, т. е. $V = F$. Если объектив по-прежнему сфокусирован на бесконечность, а величина V увеличена за счет разнесения объектива и корпуса камеры с помощью удлинительных колец или меха, то имеет место следующее соотношение: $e = v - F$ (где e — расстояние от объектива до передней стенки фотокамеры, т. е. ширина удлинительного кольца, или величина растяжения меха). Подставляя это соотношение в предыдущую формулу, получим простое выражение: $t = e / F$. Так, например, если мы снимаем объективом с фокусным расстоянием 50 мм, сфокусированным на бесконечность, и с удлинительным кольцом шириной 25 мм, то увеличение составит $t = 25/50 = 0,5$, т. е. изображение на фотопленке будет в половину натуральной величины объекта. При съемке с близкого расстояния с помощью удлинительных колец или меха камера обычно фокусируется на расстояние, отличающееся от бесконечности. Дело в том, что механизм фокусировки объектива позволяет получить увеличение, промежуточное между увеличениями,

которые достигаются при основных комбинациях удлинительных колец. Кроме того, если камера грубо наведена на резкость, то плавный и точный механизм фокусировки можно использовать для тонкой подстройки и добиться лучшей резкости изображения, чем при перемещении камеры относительно объекта с помощью реечного механизма меха. Когда объектив сфокусирован на расстояние, отличающееся от бесконечности, увеличение будет больше, чем вычисленное по формуле, учитывающей только ширину удлинительного кольца или длину меха. Дело в том, что фокусирующее устройство дает дополнительное выдвижение между объективом и камерой. Если это дополнительное выдвижение обозначить через x , то точное увеличение можно вычислить по формуле $m = (e + x)/F$. Величина x для различных значений фокусировки и ряда типичных фокусных расстояний объектива приведена в табл. 5.

Чтобы получить фотографию с заданным увеличением, надо определить необходимую ширину удлинительного кольца (или необходимое растяжение меха). Это можно сделать, преобразуя предыдущее соотношение к виду $e + x = m \cdot F$. Предположим, например, что с помощью 50 мм объектива и удлинительных колец требуется получить изображение объекта на пленке в одну четверть его натуральной величины, т. е. $s = 0,25$. Тогда полное выдвижение объектива относительно камеры составит $e + x = 0,25 \cdot 50 = 12,5$ мм. Предположим также, что никакая комбинация имеющихся удлинительных колец не дает такого выдвижения и что допустимая ширина кольца равна 10 мм. Следовательно, требуемое увеличение можно обеспечить только за счет дополнительного выдвижения объектива — $12,5 - 10 = 2,5$ мм. В соответствии с табл. 5 это

Таблица 5. Значения величины x для объективов с различными фокусными расстояниями

Отсчет по шкале фокусировки объектива, м	Значения величины x , мм						
	24	28	35	50	85	100	135
∞	0	0	0	0	0	0	0
10	0,06	0,08	0,12	0,25	0,73	1,01	1,85
5	0,12	0,16	0,25	0,51	1,47	2,04	3,75
3	0,19	0,26	0,41	0,85	2,48	3,45	6,36
2	0,29	0,40	0,62	1,28	3,78	5,26	9,77
1,5	0,39	0,53	0,84	1,72	5,11	7,14	13,35
1,2	0,49	0,67	1,05	2,17	6,48	9,09	17,11
1	0,59	0,81	1,27	2,63	7,90	11,11	21,07
0,8	0,74	1,02	1,60	3,33	10,10	14,29	27,41
0,7	0,85	1,17	1,84	3,85	11,75	16,67	32,26
0,6	1	1,37	2,17	4,55	14,03	20	39,19
0,5	1,21	1,66	2,63	5,56	17,41	25	49,93

Примечание. Некоторые объективы (особенно длиннофокусные) невозможно сфокусировать на минимальные расстояния, указанные в таблице. При фотосъемке короткофокусными объективами, сфокусированными на максимально возможное расстояние, значение величины x столь мало, что ею можно пренебречь, в особенности если величина e значительна.

означает, что объектив должен быть сфокусирован на расстояние чуть больше 1 м.

Выбор объектива для съемки крупным планом

Новичок в фотографии, приступая к съемке крупным планом, наверняка воспользуется нормальным (стандартным) объективом (т. е. объективом, который придается к камере) и насадочными линзами или удлинительными кольцами. Между тем он мог бы получить гораздо лучшие результаты, снимая нестандартными объективами, не говоря уже о том, что в некоторых случаях просто невозможно получить снимок с помощью стандартной оптики. При съемке крупным планом привычных объектов (например, цветов) хорошие результаты получаются при использовании объективов с большим фокусным расстоянием, например 100 или 135 мм для 35-мм камеры. Дело в том, что даже если мы хотим воспроизвести мелкие детали, видимые невооруженным глазом, ограничение минимального расстояния фокусировки глаза не позволяет нам рассматривать цветок с расстояния, существенно меньшего 25—40 см. Если при фотосъемке цветка, который должен заполнить весь кадр, расстояние от него до объектива существенно меньше 25—40 см, то камера с нормальным объективом будет «видеть» объект в непривычном для нас ракурсе и объект на снимке будет казаться неестественным. Применение длиннофокусного объектива позволяет осуществлять фотосъемку с большего расстояния и тем самым в более привычном для нас ракурсе. Кроме того, вследствие сужения угла зрения камеры относительная площадь фона в кадре уменьшается, что особенно важно, если нежелательно включать фон в кадр.

Одним из преимуществ длиннофокусного объектива является большая свобода выбора способа освещения объекта съемки: фотографируя, например, при солнечном свете, можно расположить камеру так, чтобы прямые солнечные лучи не попадали в объектив, а при съемке внутри помещения становится возможным оптимальное размещение осветительной аппаратуры.

Короткофокусные объективы, например широкоугольные, в сочетании с удлинительными кольцами или мехом можно применять для получения снимков с большим увеличением. Так, например, если 50-мм объектив в сочетании с мехом дает увеличение 3X, то 24-мм объектив в сочетании с тем же мехом позволяет получить 6-кратное увеличение. В последнем случае, однако, проблема освещения становится более ощутимой, поскольку приходится снимать с более близкого расстояния.

Иногда для съемки крупным планом можно использовать объективы, не предназначенные для фотографирования. Так, объектив микроскопа, смонтированный на мехе или удлинительном кольце, позволяет получать снимки с довольно большим увеличением. Большинство объективов, предназначенных для микроскопов, не имеют ирисовой

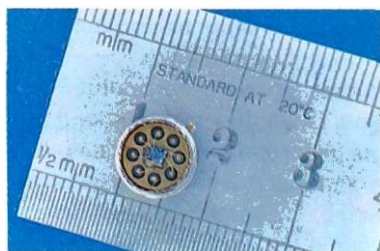
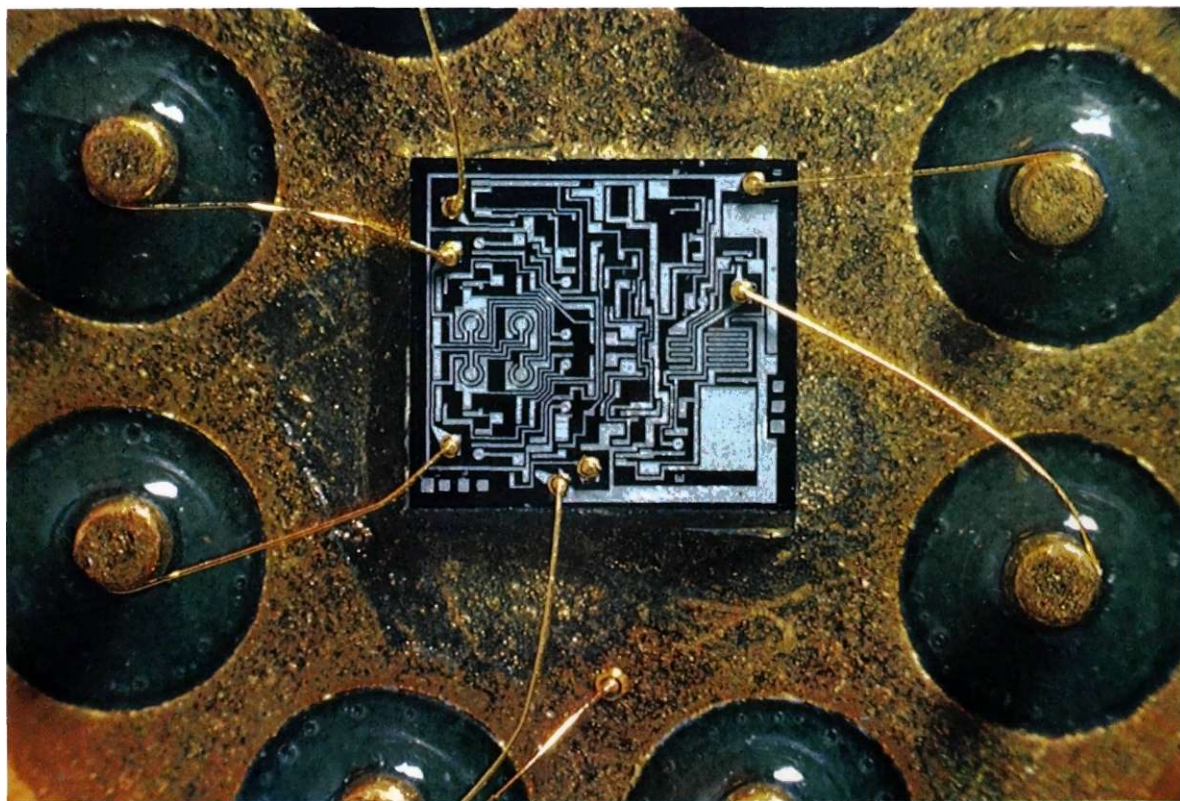


Фото 161.

Интегральная схема, 28X .
Фотосъемка производилась с
помощью 25-мм объектива
микроскопа и куска чертежного
тубуса. Canon FTb, электронная
вспышка, Kodachrome 64.

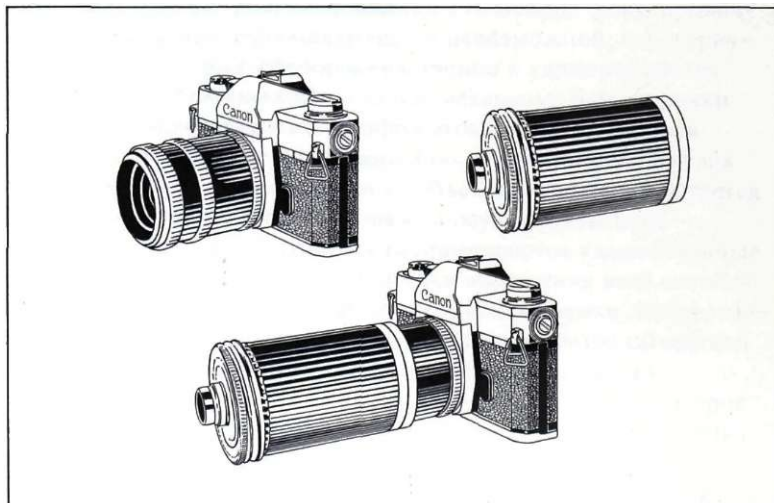
Рис. 115.

Кусок чертежного тубуса
подходящей длины надевается
поверх удлинительного кольца,
которое крепится к корпусу
камеры. На съемной металличе-
ской крышке тубуса закрепляется
объектив микроскопа. Точная
фокусировка производится путем
изменения расстояния между
объектом съемки и объективом.

диафрагмы, поэтому практически пригодны лишь для съемки
плоских объектов, где требуется малая глубина резкости.

Макрообъективы

Точки, расположенные по разные стороны от выпуклой
линзы, в которых находится предмет и его изображение, в



оптике называют сопряженными фокусами, а расстояния от этих точек до линзы —сопряженными расстояниями. При увеличении одного из сопряженных расстояний другое уменьшается, и наоборот. Нормальные объективы для общей фотографии сконструированы таким образом, что их можно применять только для съемки объектов, находящихся от объектива на расстоянии, существенно большем чем расстояние от объектива до изображения. Если попытаться сфокусировать такой объектив на расстояние, меньше расчетного, то качество изображения заметно ухудшается — наблюдается потеря резкости, в основном по краям кадра. Во многих случаях такая потеря резкости может быть несущественной и может не влиять на качество основного элемента изображения. Например, при фотографировании цветов камеру обычно располагают так, что центральный объект, т. е. сам цветок, попадает в центральную часть кадра. Поэтому небольшая потеря резкости по краям кадра, по-видимому, не будет сказываться на качестве изображения цветка. Однако при съемках плоских объектов, таких, например, как почтовые марки, необходимо, чтобы вся площадь кадра была передана одинаково резко. Съемка нормальным объективом часто дает результат заметно хуже, чем съемка специальным «макрообъективом».

Промышленностью выпускаются макрообъективы, предназначенные для однообъективных зеркальных камер. Такие объективы позволяют получать оптимальные результаты, т. е. изображения наивысшего качества для объектов, удаленных от камеры на сравнительно небольшие расстояния. Кроме того, диапазон расстояний точной фокусировки макрообъективов существенно превосходит соответствующий диапазон для нормальных объективов. Большинство макрообъективов можно сфокусировать на расстояние от бесконечности до величины, при которой получается половинный размер изображения, т. е. $t = 0,5$. При этом фокусировка производится плавно без использования каких-либо дополнительных приспособлений.

Большинство современных объективов с переменным фокусным расстоянием, предназначенных для 35-мм однообъективных зеркальных камер, могут работать в «макрорежиме»: изменяя расстояние между различными оптическими элементами объектива, его можно сфокусировать на короткое расстояние, вплоть до увеличения в $0,5X$. Однако качество изображения уступает качеству изображения, получаемому при съемке нормальным объективом, но с использованием дополнительных приспособлений типа удлинительных колец или меха.

Переверачивание объектива

При фотосъемке крупным планом расстояние от объектива до объекта больше, чем расстояние от объектива до изображения при условии, что размер изображения меньше,

чем размер объекта (т. е. $m < 1$). Если размеры объекта и изображения равны (т. е. $m = 1$), то расстояния между объективом и объектом и объективом и изображением также равны. Если размер изображения больше размера объекта (т. е. $m > 1$), то расстояние от объектива до изображения превосходит расстояние от объектива до объекта. Если не принять специальных мер, то объектив будет работать в условиях, настолько отдаленных от расчетных, что качество образуемого им изображения станет недопустимо плохим.

Для улучшения качества объектива при увеличениях больше единицы достаточно перевернуть объектив так, чтобы его передний оптический элемент был обращен к пленке, а задний элемент — к объекту. При этом сопряженные расстояния как бы «меняются местами», и оптическая система начинает работать в условиях, более близких к расчетным. Этим приемом можно пользоваться не только при съемках обычными объективами, но и при съемках макрообъективами. Для реализации этого приема большинство ведущих фирм, выпускающих зеркальные камеры, производят адаптеры — оборачивающие кольца с резьбовыми соединениями для сочленения объектива с удлинительным кольцом или мехом через резьбовую нарезку, которая при нормальных условиях используется для крепления фильтров или солнечных бленд.

При переворачивании объектива нарушается механическое соединение камеры с диафрагмой объектива и автоматическая регулировка диафрагмы становится невозможной. Некоторые фирмы-изготовители выпускают специальное приспособление, которое крепится к задней части объектива. Такое приспособление позволяет с помощью двойного спускового тросика одновременно устанавливать рабочее значение диафрагмы непосредственно перед спуском затвора.

При переворачивании объектива возникает еще одна проблема, которая состоит в том, что тонкая подстройка расстояния от объектива до пленки с помощью фокусировочного механизма также оказывается невозможной: перевернутый объектив крепится непосредственно к удлинительному кольцу или меху и между ними нет механизма фокусировки. Хотя фокусировочное кольцо при этом может вращаться, однако это приводит к перемещению фокусировочного узла относительно оптического блока объектива, который остается неподвижным. Фокусировку можно осуществить лишь перемещением меха или же, если применяются удлинительные кольца, путем тщательной установки положения всей системы *объектив — камера* относительно объекта съемки. Вследствие асимметрии оптических и механических элементов объектива положение данной оптической системы относительно удлинительного кольца или меха отличается от того, которое было бы при нормальном расположении объектива. Поэтому увеличение m нельзя определить, исходя из ширины удлинительного кольца или степени растяжения меха. Для этого необходимо экспериментально найти разность

растяжения меха при съемке перевернутым и неперевернутым объективом для получения того же самого размера изображения. Поскольку найденная таким образом разность будет одной и той же для любой величины увеличения, ее можно использовать для корректировки значения e . Подставив скорректированное значение e в стандартное уравнение $m = e/F$, определим увеличение.

Расчеты экспозиции

Любое вещество, даже высококачественное оптическое стекло, поглощает часть проходящего через него света. Часть света теряется на каждой границе раздела *воздух—стекло*. Потери такого рода не учитываются изготовителем объектива и значения диафрагмы, указанные на объективе, приведены без учета этих потерь. Тем не менее даже эти эффективные значения могут быть использованы для определения необходимой экспозиции только в том случае, когда расстояние от объектива до пленки равно фокусному расстоянию объектива, т. е. когда объектив сфокусирован на бесконечность. Поскольку интенсивность света убывает обратно пропорционально квадрату расстояния, при увеличении расстояния от объектива до пленки с целью приближения к объекту съемки освещенность в плоскости пленки уменьшается и таким образом реальное значение относительного отверстия не соответствует его маркированной величине на шкале диафрагм. Это несоответствие увеличивается по мере увеличения расстояния от пленки до объектива. При съемке объекта, который находится на достаточно большом расстоянии от камеры, увеличение расстояния от объектива до пленки настолько мало, что отклонением в величине реального относительного отверстия от маркированного на шкале диафрагм можно пренебречь, поскольку погрешность в величине экспозиции (на негативе) будет незначительной. Если расстояние от объектива до объекта есть величина порядка десятикратного фокусного расстояния, то за счет увеличения расстояния от объектива до пленки для резкой фокусировки пленка оказывается заметно недодержанной. При измерении экспозиции с помощью системы TTL автоматически учитываются как потери света в объективе, так и уменьшение освещенности вследствие выдвижения объектива, что позволяет правильно определить величину диафрагмы. При съемке камерой, не имеющей встроенного экспонометра, или при фотосъемке со вспышкой необходимо ввести соответствующую поправку в расчетное значение экспозиции.

Эффективное значение диафрагмы при конкретном увеличении m на пленке можно вычислить из уравнения

$$\begin{aligned} &\text{Эффективное значение диафрагмы} \\ &= \text{Маркированное значение диафрагмы} \times (t + 1). \end{aligned}$$

Например, при съемке с увеличением IX и диафрагмой 1:16 эффективное значение диафрагмы будет равно $16 \times (+1) = 1:32$.

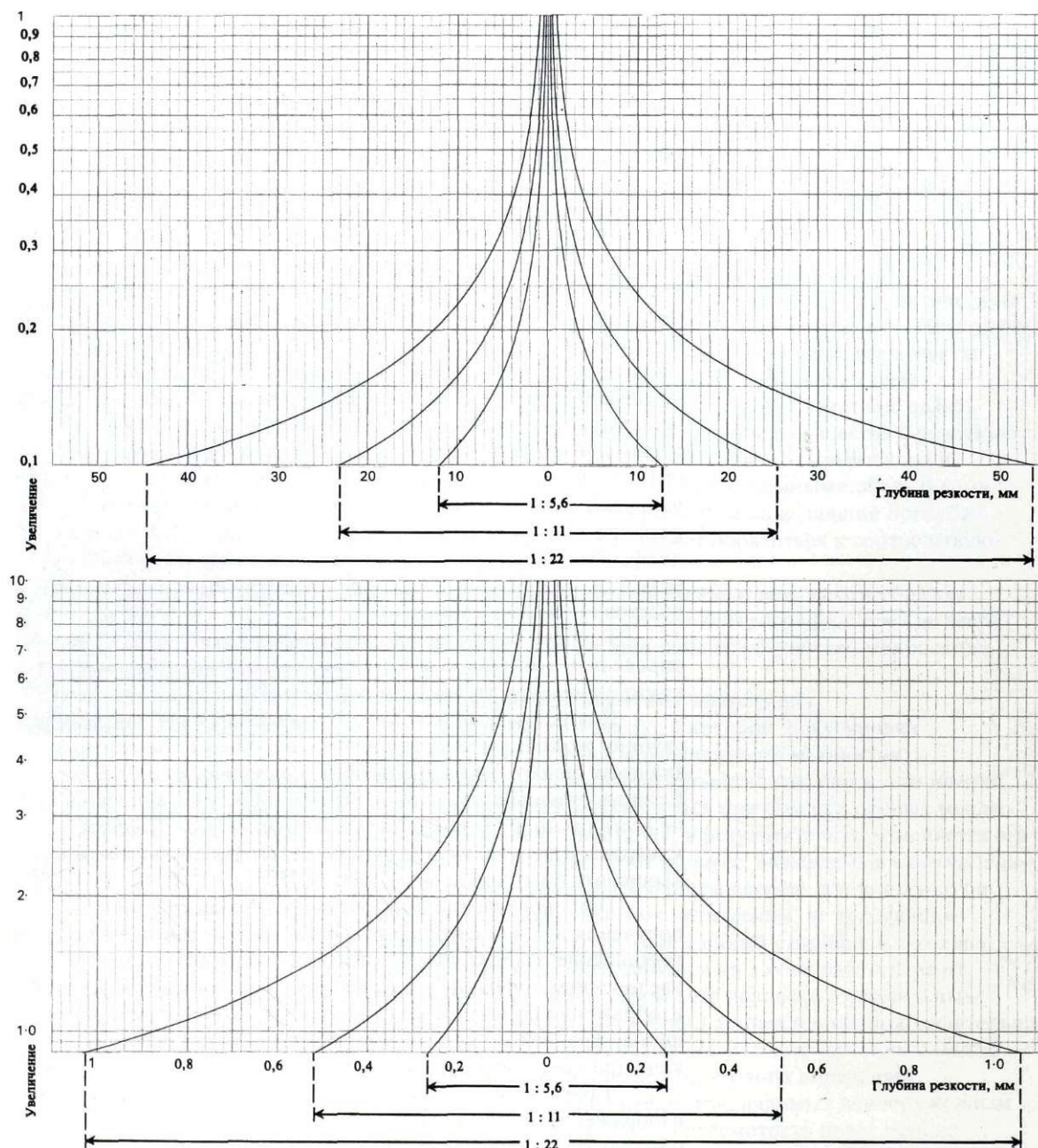


Рис. 116. Изменение глубины резкости с ростом увеличения. Кривые построены для кружка нерезкости диаметром 0,02 мм. При этом предполагалось, что с 35-мм негатива делаются отпечатки форматом 20X 24 см, которые будут рассматриваться с расстояния нормального зрения. Если эти условия не выполняются, то

приведенные кривые могут быть использованы только для очень грубых оценок. (По горизонтальной оси отложена глубина резкости, а по вертикальной оси — увеличение. Нулевая отметка соответствует плоскости точной фокусировки, область слева от нуля — пространству перед этой плоскостью, а справа от нуля — пространству за этой плоскостью.)

Следует отметить, что при фокусировке объектива камеры на объект, расположенный ближе рекомендованного минимального расстояния, с помощью насадочных линз, а не с помощью удлинительных колец или меха, никакой коррекции экспозиции не требуется и маркированное значение диафрагмы будет соответствовать правильной экспозиции.

Глубина резкости

Зона достигаемой резкости, окружающая фокальную плоскость объектива, зависит не только от величины диафрагмы объектива, но и от расстояния до объекта (при уменьшении этого расстояния размеры зоны сокращаются). Когда расстояние от объектива до объекта становится сравнительно небольшим, глубина резкости поля становится чрезвычайно малой. Если при съемке одного и того же объекта используются два объектива с различным фокусным расстоянием, причем расстояние от каждого объектива до объекта выбирается таким образом, чтобы размеры изображения на пленке были одинаковыми, то глубина резкости практически будет одинаковой при одной и той же диафрагме. Это позволяет непосредственно связать глубину резкости с увеличением на пленке независимо от фокусного расстояния используемого объектива.

Глубину резкости при увеличениях ОДХ до 10Х можно определить с помощью номограмм, которые построены для кружков нерезкости диаметром 0,02 мм.

Для условий, отличных от показанных на номограммах, глубину резкости можно вычислить, используя стандартные значения диафрагмы в уравнениях, приведенных на с. 73. Если расстояние и мало, то его трудно определить, поскольку не всегда ясно, от какой плоскости объектива его следует измерять. Зная увеличение на пленке, это расстояние можно вычислить по формуле $u = [(1/m) + 1]F$.

При определении диафрагмы, необходимой для получения нужной глубины резкости, следует иметь в виду, что уменьшение относительного отверстия сопровождается увеличением дифракции, в результате чего снижается резкость изображения по всей поверхности кадра. При фотомакрографии дифракция может существенно ограничить оптическое качество объектива даже при достаточно больших диафрагмах.

Таким образом, при большой глубине резкости качество изображений ухудшается. Поэтому следует снимать с наибольшей диафрагмой, при которой еще возможно получить необходимую глубину резкости.

Фотомикрография



Фото 162.

Часть фолликулы корня волос, 60 X (т. е. $M = 60$, где M — окончательное увеличение). Такая фотография может быть получена с помощью методов, описанных в настоящем разделе, и сравнительно дешевого оборудования.

Специальный вид фотосъемки, при которой фотографирование осуществляется через полную оптическую схему микроскопа, называется фотомикрографией. Поскольку в пределах одной книги невозможно осветить все аспекты этого вида съемки, мы ограничимся описанием ряда практических приемов, которые помогут читателю делать фотомикрографии достаточно хорошего качества с помощью обычного любительского или школьного микроскопа и обычных камер с несъемными или съемными объективами. Читатель, освоивший эти приемы и пожелавший поглубже изучить этот вид съемки, может обратиться к соответствующей литературе.

Чтобы иметь представление о том, каким образом строится изображение при фотомикрографии, прежде всего необходимо знать принципиальное устройство микроскопа.

Принципиальная схема микроскопа

В отличие от камеры, в которой фокусировка производится с помощью специального механизма, изменяющего расстояние от объектива до плоскости пленки, человеческий глаз фокусируется при помощи особых мышц, которые сжимают хрусталик, в результате чего изменяется его фокусное расстояние. Этот процесс, называемый *аккомодацией*, мы «осваиваем» еще в раннем детстве, и постепенно он становится совершенно автоматическим, не требующим никаких специальных усилий с нашей стороны. Благодаря аккомодации глаз фокусируется на любое расстояние от бесконечности (при котором глаз человека с нормальным зрением полностью расслаблен) до расстояния приблизительно 250 мм, которое часто называют *расстоянием нормального зрения*. Этот нижний предел расстояния определяет минимальные размеры предметов, видимых невооруженным глазом. Если мы попытаемся рассмотреть более мелкие предметы, то необходимо оптическое увеличение. Простейшим прибором, служащим для этой цели, является собирательная линза. Объект, который мы хотим рассмотреть, помещается на расстоянии от линзы, равном или немного меньшем ее фокусного расстояния, так что за объектом строится его увеличенное мнимое изображение (рис. 117). Точное расстояние между линзой и объектом регулируется таким образом, чтобы расстояние между объектом и глазом находилось в диапазоне фокусировки глаза, т. е. меньше чем бесконечность и больше чем 250 мм. Увеличением линзы

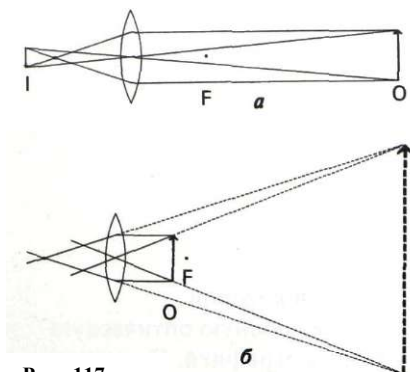
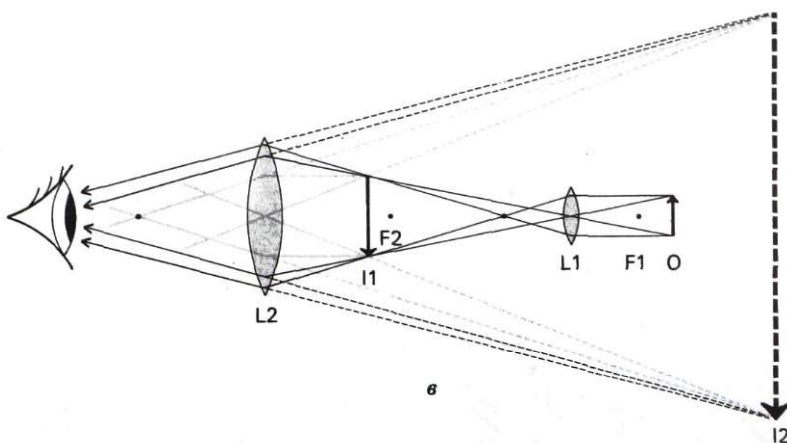


Рис. 117.

a — когда расстояние между объектом съемки *O* и линзой больше ее фокусного расстояния, лучи света, исходящие от объекта, пройдя сквозь линзу, образуют действительное изображение *I* по другую сторону от линзы, причем если это расстояние в два раза больше фокусного расстояния, то изображение будет иметь меньшие размеры, чем объект, а если это расстояние больше, чем фокусное расстояние, но меньше чем два фокусных расстояния, то изображение будет иметь большие размеры, чем объект; *б* — когда расстояние между объектом и линзой меньше ее фокусного расстояния, лучи, исходящие от объекта, пройдя сквозь линзу, разойдутся. Поэтому, когда мы смотрим на объект через линзу, то лучи кажутся исходящими от увеличенного мнимого изображения, находящегося за объектом. В этом и состоит принцип действия увеличительного стекла; *в* — в составном микроскопе изображение объекта увеличивается в два этапа. Сначала объектив *L1* формирует действительное увеличенное изображение *II* (первичное изображение). Окуляр *L2*, действуя как обычное увеличительное стекло, формирует мнимое и еще более увеличенное изображение *I2* (вторичное изображение). Полное увеличение микроскопа равно произведению этих двух увеличений.



называется число раз, в которое изображение кажется большим, чем при рассмотрении его невооруженным глазом с расстояния 250 мм.

Следует различать изображения действительные и мнимые. Действительное изображение получается сходящимся пучком хода световых лучей, и его можно увидеть на какой-либо отражающей поверхности, например листе белой бумаги. Примером действительного изображения являются изображения, получающиеся на сетчатке глаза, на пленке в камере или киноэкране. Почти все оптические инструменты, служащие для целей увеличения, дают мнимое изображение.

Если рассматриваемый объект очень мал, то простое увеличительное стекло дает недостаточное увеличение, и тогда требуется некоторое дополнительное устройство. Таким устройством является микроскоп, полная оптическая система которого позволяет получить увеличение от 20 до 1000 X.

Простейший микроскоп состоит из двух линз (по одной на каждом конце оптического тубуса). Одна из линз, называемая *объективом*, проецирует действительное и увеличенное изображения объекта внутри тубуса. Увеличение линзы объектива — это число раз, в которое это изображение, называемое *первичным изображением*, превосходит размеры объекта; как правило, оно указывается на оправе объектива. Обычно объективы имеют увеличение от 4 до 100 X. Другая линза, называемая *окуляром*, действует как простое увеличительное стекло и увеличивает первичное изображение, даваемое объективом. В результате получается увеличенное мнимое изображение объекта, называемое *вторичным*. На окуляре, так же как и на объективе, указывается его увеличение, составляющее от 5 до 20 X или даже до 25 X. Полное увеличение микроскопа представляет собой произведение увеличения объектива и увеличения окуляра. Например, микроскоп с 20 X -объективом и 10 X -окуляром дает увеличение 200 X. Хотя на рис. 117 объектив и окуляр показаны как простые линзы, на самом деле и тот и другой являются сложными оптическими системами, состоящими из нескольких элементов и скорректированными для устранения

аббераций. (Степень этой коррекции естественно отражается на стоимости прибора.) У большинства микроскопов имеется специальная подставка, или предметный столик, на который помещается рассматриваемый предмет. Фокусировка микроскопа осуществляется изменением расстояния между объектом и объективом с помощью специального механизма, который передвигает либо столик, либо оптический тубус. Расстояние между объективом и окуляром остается постоянным и определяется длиной тубуса. При изменении расстояния от объекта до объектива изменяется положение первичного изображения по отношению к окуляру; фокусировка происходит до тех пор, пока мнимое изображение, даваемое окуляром, не окажется от глаза на расстоянии, лежащем в диапазоне от 250 мм до бесконечности, т. е. в зоне аккомодации глаза.

Рассматриваемый объект может быть освещен либо отраженным, либо проходящим светом. Поскольку увеличение микроскопа сравнительно велико, оба метода требуют относительно высокого уровня освещенности, чтобы изображение было достаточно ярким. В обычной практике чаще используется метод освещения проходящим светом, называемый *трансиллюминацией*. Для этого очень тонкий срез исследуемого вещества помещается на предметный столик микроскопа и снизу подсвечивается источником освещения. Для улучшения светового контраста срез подкрашивают одним или несколькими красителями. Большинство микроскопов оборудовано оптической системой — конденсором, концентрирующим освещение на нижней части образца. У некоторых микроскопов в их основании вмонтирована осветительная лампа, у других есть регулируемое по положению зеркальце, позволяющее направлять свет от внешней лампы на конденсор.

Объективы и окуляры микроскопов выпускаются различного качества, которое определяется степенью коррекции их аббераций. Более дешевые объективы (например, предназначенные для учебных целей) скорректированы по сферической абберации только по одному цвету (обычно желто-зеленому), а по хроматической абберации — по двум-трем основным цветам. Такие линзы называются *ахроматами*, и они порождают определенную кривизну поля, т. е. невозможно одновременно видеть резко все поле зрения объектива. Ряд фирм выпускает ахроматы с плоским полем. Эти объективы — *планахроматы*, и они гораздо дороже, чем обычные ахроматы. *Апохроматы* скорректированы по сферической абберации для двух цветов, а по хроматической абберации для всех трех основных цветов.

Наиболее дешевые микроскопы снабжены окулярами Гюйгенса или окулярами широкого поля. И тому и другому типу окуляров свойственны цветовые искажения, в особенности если они работают с большим увеличением. Основным преимуществом окуляров широкого поля является то, что они позволяют рассматривать больший участок



Фото 163.
Поперечный срез корня яблони. Фотосъемка производилась однообъективной камерой с использованием школьного микроскопа (с камеры был снят объектив). $M=90$.

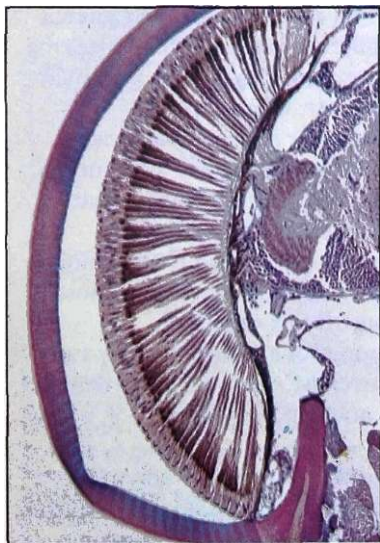


Фото 164.

Срез глаза саранчи: прозрачные конической формы хрусталики вместе с линзами кутикулы проецируют свет на светочувствительные клетки. (При изготовлении среза кутикула была смещена.) При получении подобных фотомикрографий с обширными областями светлого фона особенное значение имеет равномерность освещения всего поля кадра. $M=45$.

образца, чем при работе с другими окулярами с тем же увеличением. Для компенсации остаточной хроматической аберрации объектива выпускаются специальные компенсационные окуляры, которые дают наилучшие результаты в сочетании с апохроматами, хотя их можно использовать и с сильными ахроматами. Для фотомикрографии выпускаются особые фотоокуляры, которые в комбинации с объективами-панахроматами позволяют получать изображения высокого качества. Поскольку, однако, большинство читателей, по-видимому, имеет доступ только к микроскопам, предназначенным для учебных целей, фото 162—168, за исключением фото 165, сделаны с помощью обычных ахроматических объективов и окуляров Гюйгенса.

Существует два основных способа фотографирования через микроскоп. Один из них позволяет снимать камерами с фиксированными объективами, и в этом случае объектив камеры играет роль, аналогичную роли хрусталика глаза, проецируя на пленку изображение, полученное через окуляр микроскопа. Другой способ дает возможность работать с камерами со сменными объективами, при этом объектив снимается с камеры и камера устанавливается на микроскопе так, что окуляр микроскопа проецирует изображение непосредственно на пленку.

Фотомикросъемка камерами с несъемным объективом

Достаточно хорошие результаты могут быть получены при съемке даже самыми дешевыми камерами, включая аппараты, не имеющие наводки на резкость. Однако для получения достаточной экспозиции при съемке с такими камерами требуется очень яркое освещение предметного столика микроскопа. Больше всего подходят для фотомикрографии камеры с несъемными объективами, имеющими наводку на резкость, и большим диапазоном скоростей затвора. Камеры с полностью автоматической установкой выдержки, в которых не предусмотрен ручной режим работы, для фотомикрографии не годятся.

Камера должна быть надежно закреплена на штативе или каком-либо другом устройстве (типа лабораторного штатива) так, чтобы ее объектив располагался в точке, в которой обычно находится зрачок глаза при нормальном режиме работы с микроскопом. Необходимо следить за тем, чтобы объектив располагался по центру окуляра, т. е. микроскоп и объектив камеры должны иметь общую оптическую ось. В идеале крепление камеры должно осуществляться таким образом, чтобы ее можно было легко снимать и устанавливать. Дело в том, что большинство камер с несъемными объективами не дает возможности рассматривать изображение через пентапризму видоискателя, поэтому с их помощью можно делать фотомикрографии, только предварительно сняв камеру с микроскопа и сфокусировав микроскоп на объекте при непосредственном визуальном контроле через окуляр микроскопа. При креплении камеры

расстояние между окуляром микроскопа и объективом камеры в большинстве случаев должно устанавливаться таким, чтобы плоскость изображения, даваемого окуляром, находилась как можно ближе к передней поверхности объектива камеры. Плоскость изображения, даваемого окуляром, — это плоскость над окуляром, в которой сходятся лучи света при выходе из микроскопа. Эту плоскость легко найти, поместив над окуляром лист белой бумаги и плавно перемещая его вверх и вниз. По мере увеличения расстояния между окуляром и листом белой бумаги размер светового пятна будет постепенно уменьшаться, а затем увеличиваться. Положение, при котором размер пятна минимален, и есть плоскость изображения. Расстояние между плоскостью изображения и окуляром изменяется в зависимости от типа окуляра, поэтому при смене окуляра положение камеры, возможно, придется подрегулировать. Если расстояние от объектива камеры до окуляра выбрано неправильно, то поле зрения микроскопа, которое будет воспроизведено камерой, станет меньше и только его малая часть воспроизведется на фотографии.

При фотомикросъемке ирисовая диафрагма объектива камеры не играет никакой роли, поэтому она должна быть полностью открыта. Съемка с сильно задиафрагмированным объективом приводит к сужению фотографируемой области, так же как и при неправильном выборе расстояния между объективом и плоскостью изображения окуляра. Если съемка производится камерой, снабженной небольшой диафрагмой постоянного размера, расположенной за объективом, то расположение окуляра вблизи передней поверхности объектива также приведет к уменьшению поля изображения. Поэтому такую камеру следует располагать так, чтобы плоскость изображения окуляра совпадала с плоскостью диафрагмы. Для некоторых комбинаций окуляров и камер это может оказаться невозможным, поскольку плоскость изображения окуляра может оказаться на слишком маленьком расстоянии от него. В этом случае придется смириться с определенным уменьшением размера поля изображения либо, если есть возможность выбора окуляров, надо выбрать окуляр с более удаленной плоскостью изображения.

При съемках камерами с несъемными объективами

Фото 165.

Фотосъемка производилась камерой с фиксированным, несъемным объективом, поэтому диафрагма была полностью открыта. *Слева* — диафрагма была на 1—2 деления меньше максимальной. Однако это никак не повлияло на уровень экспозиции, но при этом значительно сузилось поле зрения; *справа* — диафрагма была открыта полностью, однако и в этом случае изображение не заполняет весь кадр. $M=20$. Рассматривая «коготки» вши, начинаешь понимать, почему она доставляет столько хлопот.



фокусировка микроскопа для получения резкого изображения на пленке обычно не представляет большой сложности. Единственная проблема, возникающая в этом случае, обусловлена тем, что не существует простого способа точного определения диапазона аккомодации глаза, а для получения резкой фотомикрографии необходима точная фокусировка камеры на бесконечность. Эту трудность обычно можно обойти, если перед фокусировкой микроскопа дать глазу отдохнуть, рассматривая какое-то время отдаленный предмет. Если во время фокусировки глаз остается в расслабленном состоянии, то можно считать, что мнимое изображение, создаваемое окуляром, находится в бесконечности. Тогда, фокусируя камеру на бесконечность, можно получить резкое изображение. Большинство людей, постоянно работающих с микроскопами, настраивают их именно таким образом, поскольку они знают, что при длительной работе с микроскопом, когда изображение находится в бесконечности и глаза расслаблены, последние меньше устают, чем в случае, когда изображение оказывается ближе и глаз находится в более напряженном состоянии.

Приступая к фотомикрографии камерой с несъемным объективом, начинающий фотограф должен освоить такой метод фокусировки. Если фотограф обычно носит очки, то снимать их не следует. При этом полезно сделать несколько пробных снимков, фокусируя камеру на разные расстояния. После проявления пленки можно найти вариант, при котором получается наиболее резкое изображение. Эту процедуру следует повторить несколько раз, чтобы убедиться, что микроскоп сфокусирован правильно, и только после этого можно уже смело делать другие снимки, сфокусировав камеру на оптимальное расстояние, выбранное по результатам пробных съемок.

Обычно увеличение камеры с несъемными объективами меньше, чем увеличение микроскопа, и определяется формулой $\pi = \frac{F}{250}$, где F — фокусное расстояние объектива камеры.

Следует иметь в виду, что π есть увеличение на пленке, а окончательное увеличение M равно π , умноженному на увеличение при печати.

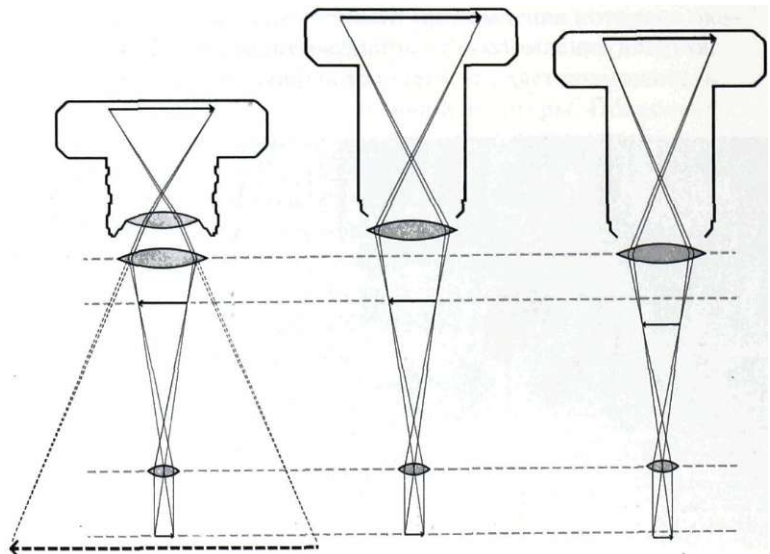
Фотомикросъемка камерами со сменными объективами

Зеркальная камера со сменными объективами — это почти идеальный инструмент для фотомикросъемки, так как в этом случае можно сфокусировать камеру на объекте и контролировать композицию кадра через окно зеркального видоискателя. Многие изготовители современных зеркальных камер выпускают специальные адаптеры для микроскопа, которые обычно крепятся на его тубусе. При съемке объектив камеры снимается и камера вместе с насадочными кольцами или мехом крепится к адаптеру микроскопа. Поскольку при такой схеме объектив камеры не участвует в формировании изображения на пленке, то соотношение, связывающее фокусное расстояние

объектива, окуляра и расстояние до объекта, следует несколько скорректировать. (Дело в том, что, когда микроскоп настроен как обычно, окуляр создает на пленке действительное, а не мнимое изображение.) Этого можно добиться, увеличивая расстояние между объектом и объективом микроскопа. При этом первичное изображение окажется ближе к объективу, и, поскольку расстояние между объективом и окуляром не изменится, изображение будет расположено дальше от окуляра. Когда расстояние между первичным изображением и окуляром превосходит фокусное расстояние окуляра, лучи света, исходящие из микроскопа, образуют действительное изображение над плоскостью изображения окуляра (рис. 118). Расстояние между объектом и объективом микроскопа устанавливается таким, что действительное изображение оказывается точно в плоскости пленки. При съемке зеркальными камерами этого можно достичь, рассматривая изображение через видоискатель и одновременно фокусируя микроскоп для получения максимальной резкости. Теоретически, если объектив микроскопа сконструирован для обычной работы, то настройка микроскопа таким способом для получения действительного изображения приведет к определенной потере качества изображения, поскольку оптическая коррекция таких объективов рассчитывается для случая, когда первичное изображение получается на определенном фиксированном расстоянии от объектива. Если же первичное изображение окажется в другой плоскости, то это ухудшит коррекцию и приведет к увеличению aberrаций объектива. Поскольку, однако, объективы учебных микроскопов не столь хорошо откорректированы, как объективы дорогих и сложных микроскопов, то маловероятно, что увеличение aberrаций, вызванное применением описанного выше способа, при работе с учебными микроскопами окажет сколь-нибудь сильное влияние на качество изображения, если,

Рис. 118.

Возможные сочетания камеры и микроскопа. *Слева* — камера вместе с объективом, микроскоп настроен для обычного визуального наблюдения. Фотографируется мнимое изображение, формируемое окуляром микроскопа. *В центре и справа* — камера без объектива; микроскоп настраивается так, чтобы окуляр формировал действительное изображение непосредственно в плоскости пленки. В идеальном случае (*в центре*) расстояние от объекта до объектива остается прежним, поэтому расстояние от первичного изображения до объектива соответствует конструкции объектива. Расстояние от окуляра до объектива увеличивается настолько, чтобы изображение на пленке было резким. Однако расстояние от объектива до окуляра обычно фиксировано и определяется длиной трубы микроскопа, поэтому удобнее увеличить расстояние между объективом и объектом (*справа*) с помощью механизма фокусировки микроскопа. В результате первичное изображение оказывается ближе к объективу и, следовательно, дальше от окуляра. Теоретически такая схема дает результаты худшего качества, поскольку расстояние между первичным изображением и объективом оказывается меньше расстояния, предусмотренного конструкцией микроскопа. Если, однако, речь идет о школьном микроскопе, то, очевидно, эта разница будет несущественной.



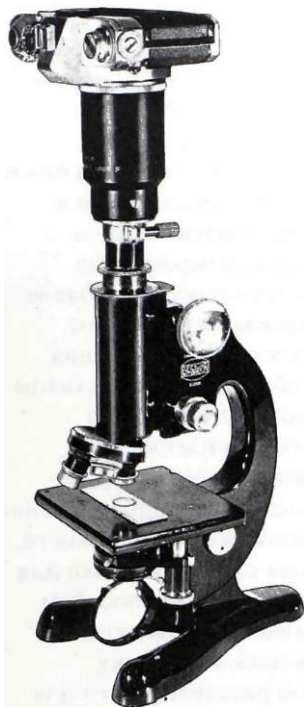


Рис. 119.
Такая комбинация однообъективной зеркальной камеры и школьного микроскопа использовалась для получения большинства фотографий, помещенных в данной книге.

конечно, отклонение расстояния между первичным изображением и объективом от расчетного не слишком велико.

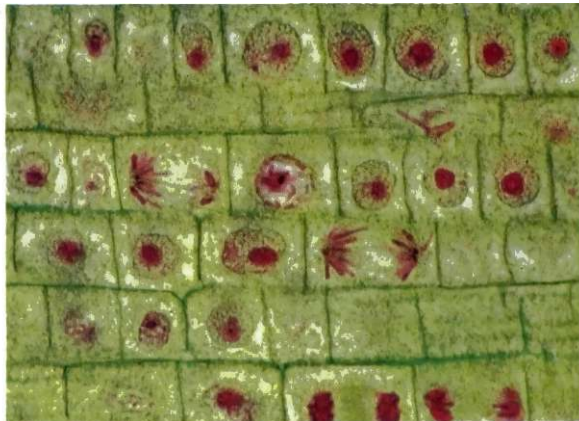
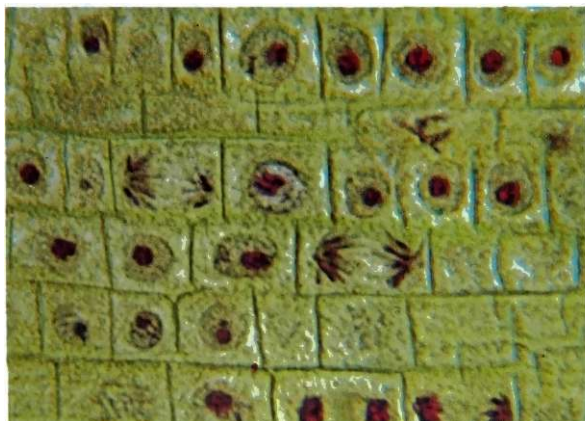
Увеличение камеры при снятом объективе частично зависит от расстояния между окуляром и пленкой, поэтому его можно регулировать, изменяя размер удлинительных колец или растяжение меха. Таким образом можно регулировать размер поля зрения микроскопа и управлять композицией кадра. Увеличение определяется формулой $\text{увеличение} = \frac{k}{250}$, где k — расстояние между окуляром и пленкой.

Для получения наилучших результатов величина k не должна быть меньше 125 мм, так как в противном случае отклонение расстояния между первичным изображением и объективом от расчетного значения будет столь велико, что увеличение аберраций объектива может заметно ухудшить резкость изображения.

При фокусировке изображения на экране видоискателя камеры могут возникнуть определенные трудности. Диаметр светового пучка настолько мал, что микропризмы или система наводки по клиньям оказываются уже не эффективными. Фокусировка на поверхность экрана, если она является линзой Френеля, тоже может быть сопряжена с трудностями из-за того, что детали изображения на этой поверхности исчезают. Более всего подходят для фотомикрографии аппараты, экран видоискателя которых содержит небольшую зону с плоской матовой поверхностью. Однако и в этом случае для получения резких изображений фокусировка должна быть очень тщательной. В отличие от обычной фотографии при фотомикросъемке для получения достаточной глубины резкости после наводки на резкость объектив нельзя диафрагмировать, чтобы избежать малейших отклонений от точной фокусировки.

Пределы увеличения в фотомикрографии

Как уже было показано, в обычных фотографических объективах величина эффективного отверстия градуируется по стандартному ряду шкалы диафрагм, полученному из



соотношения диаметров действующих отверстий и фокусных расстояний объектива. Эта величина отражает способность линзы «собирать» то или иное количество света. Для градуировки объективов микроскопов используется другая система, в которой соответствующие числа получаются в результате умножения синуса половины угловой апертуры объектива на коэффициент преломления среды между объективом и образцом. Это число называется *числовой апертурой* и указывается на ободке. Хотя числовая апертура объектива не отражает его собирательной «мощности», она дает представление о его разрешающей силе, которая определяет способность объектива разделять мелкие детали изображения. В микроскопии размеры образцов часто ненамного превосходят длину волны света, поэтому разрешение в существенной степени ограничивается дифракцией световых лучей. Достаточно будет сказать, что чем больше угол раскрытия светового конуса, входящего в объектив и чем больше числовая апертура объектива, тем больше его разрешающая сила. Очевидно, что для больших увеличений необходима большая разрешающая сила, и, следовательно, чем больше увеличение объектива, тем больше должна быть числовая апертура. Например, для типичного объектива с 4-кратным увеличением числовая апертура равна 0,1, для объектива с 10-кратным увеличением она равна 0,25, а для объектива с 40-кратным увеличением — 0,65.

Объективы с увеличением меньше 100X обычно используются в таких случаях, когда между объективом и образцом находится воздух, поэтому их называют *сухими* объективами. Если увеличение объектива превосходит 100X, то получить достаточно высокое значение числовой апертуры в воздушной среде невозможно, и пространство между объективом и образцом заполняется специальной жидкостью (иммерсией), а объективы с таким режимом работы называют *иммерсионными*. Обычно такой жидкостью является специальное масло, коэффициент преломления которого около 1,5, т. е. больше, чем коэффициент преломления воздуха, поэтому при прочих равных условиях это дает возможность получить большие значения числовой апертуры. Поскольку необходимое расстояние между нижней поверхностью объектива микроскопа и образцом очень мало, «иммерсирование» сводится к тому, что на образец помещают небольшую каплю масла, а затем начинают плавно перемещать объектив с помощью механизма фокусировки микроскопа до тех пор, пока его передняя линза не коснется масла и изображение не станет резким. Обычно на объективе указывается, является ли он иммерсионным.

Зная числовую апертуру данного объектива, можно достаточно хорошо оценить предельное рабочее увеличение микроскопа с помощью следующей формулы:

Максимальное рабочее увеличение = Числовая апертурах 1000.

Фото 166.

Деление клеток лука в процессе его роста, M= 500. Слева — фотосъемка производилась с использованием школьного микроскопа. Оптическое несовершенство подобных микроскопов становится очевидным при особенно больших увеличениях: размытое изображение цветов — результат хроматической аберрации. Справа — фотосъемка производилась с использованием дорогостоящего лабораторного микроскопа и одного из самых дорогих объективов — планапохроматом.

(Хотя это выражение приближенное, оно дает достаточно точные результаты для всех практических целей.) Достижение рабочего предела увеличения вовсе не означает, что нельзя получить изображение большего размера. Однако объектив микроскопа при этом превзойдет свою предельную разрешающую способность, и более мелкие детали объекта не будут различимы. Таким образом дальнейшее увеличение становится бессмысленным. Увеличение, превосходящее предельное рабочее увеличение, иногда называют *фиктивным* или *пустым*.

Объективы микроскопов рассчитываются таким образом, чтобы их числовая апертура была достаточной для увеличения, необходимого при вероятном нормальном режиме работы. Так, например, типичный 40-кратный объектив с апертурой, равной 0,65, допускает максимальное рабочее увеличение, равное $0,65 \cdot 1000 = 650$. Если такой объектив используется с 10-кратным окуляром, то полученное видимое увеличение (произведение увеличений объектива и окуляра) составит $40 \cdot 10 = 400$, т. е. оно лежит в пределах рабочего увеличения. Если образец снимается на пленку, то увеличение негатива или диапозитива также следует принимать во внимание, поскольку окончательное, или полное, увеличение также должно лежать в пределах, налагаемых числовой апертурой данного объектива. Так, например:

— если фотомикрография делается с указанной комбинацией *объектив — окуляр* с расстоянием между окуляром и пленкой, равным 250 мм, то увеличение камеры будет $40 \cdot 10 \cdot 250 / 250 = 400$, т. е. оно лежит в пределах рабочего увеличения;

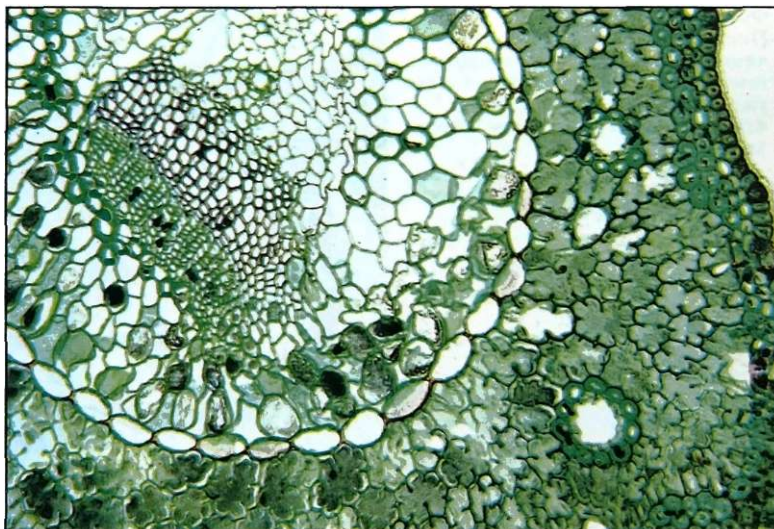
— если полученный негатив при печати увеличивается вдвое, то окончательное увеличение будет $400 \cdot 2 = 800$, что превышает рабочий предел для данного объектива, и в данном случае мы имеем «пустое», или «фиктивное», увеличение;

— если окончательное увеличение в несколько раз превосходит максимальное рабочее увеличение, то качество снимка будет плохим.

Освещение образцов

В фотомикрографии для получения фотографий максимально высокого качества важное значение имеет правильное освещение, особенно при съемках в проходящем свете с большим увеличением. Получить необходимое качество освещения не очень трудно, однако установка нижней подсветки и источника освещения должна производиться с предельной тщательностью. В идеальных условиях лучи света, испускаемые источником освещения, после прохождения через оптический конденсор образуют световой конус с вершиной, лежащей в плоскости образца. Пройдя сквозь образец, лучи света снова расходятся и образуют перевернутый конус, лежащий между образцом и объективом. Конденсор обычно имеет фокусирующий механизм, позволяющий изменять расстояние между конденсором и образцом таким образом,

Фото 167.
Поперечный срез иглки сосны.
М= 120.



чтобы лучи света пересекались точно в плоскости образца. Обычно непосредственно под линзой конденсора устанавливается ирисовая диафрагма, называемая *апертурной диафрагмой*, для регулирования сечения светового пучка. Диафрагма настраивается таким образом, чтобы основание светового конуса между образцом и объективом полностью заполняло весь объектив. В некоторых дешевых микроскопах апертурная диафрагма представляет собой вращающийся диск с несколькими отверстиями фиксированных размеров и не может изменяться плавно.

Многие микроскопы предназначены для работы с выносными источниками освещения. Для этого под конденсором и апертурной диафрагмой монтируется зеркало, отражающее свет от внешнего источника в конденсор. У некоторых микроскопов источник подсветки встроен в основании. В обоих случаях наиболее распространенным источником освещения является низковольтная лампа накаливания, питающаяся от сети через понижающий трансформатор. Основное требование, которому должен удовлетворять источник освещения для целей фотомикрографии, состоит в том, что свет, достигающий образца, должен быть достаточно интенсивным (время экспозиции при этом условии будет минимальным). При работе в отраженном свете с небольшим увеличением это требование не столь существенно, однако и в этом случае следует учитывать структуру образца и соответствующим образом выбирать направление и угол освещения. Кроме того, если делается цветная фотография, то спектральные характеристики источника должны соответствовать характеристикам цветной пленки. Первому требованию обычно полностью удовлетворяют источники освещения в виде галогенных ламп. Если съемка производится на пленку, рассчитанную на искусственное освещение, то галогенные лампы удовлетворяют и

Фото 168.

Поперечный разрез зрелой яйцеклетки коричневой водоросли семейства *Fucus*. Правая яйцеклетка уже раскрылась и готова извергнуть свое содержимое в воду. М = 60.



второму требованию при минимальной дополнительной фильтрации. Таким образом, галогенные источники освещения позволяют получить фотографии с удовлетворительным цветовым балансом. Следует отметить, что, даже если цветовая температура лампы в точности соответствует цветовой чувствительности пленки, все же может потребоваться определенная фильтрация, поскольку оптические элементы микроскопа могут внести небольшое цветовое искажение.

Одним из наиболее распространенных методов подсветки является освещение по Кёлеру, позволяющее получить изображение хорошего качества с максимально возможным разрешением. Однако для реализации этого метода необходим источник освещения, который помимо лампы содержит еще один конденсор и ирисовую диафрагму, называемые соответственно полевым конденсором и полевой диафрагмой (иногда употребляются термины *ламповый конденсор* и *ламповая диафрагма*). Расстояние между полевым конденсором и лампой можно регулировать, и при освещении по Кёлеру оно устанавливается таким, что резкое изображение нити накала лампы получается в плоскости апертурной диафрагмы микроскопа. С помощью фокусировки конденсора микроскопа добиваются, чтобы резкое изображение полевой диафрагмы источника проецировалось на плоскость образца (рис. 120). Диаметр полевой диафрагмы должен быть таким, чтобы освещалась вся часть образца, которая должна быть зафиксирована на фотографии¹. Слишком большое отверстие полевой диафрагмы может явиться причиной возникновения бликов внутри объектива или тубуса микроскопа и тем самым понижения контраста изображения. Вместе с тем слишком маленькое отверстие ограничит размер поля зрения. Изменения полевой диафрагмы

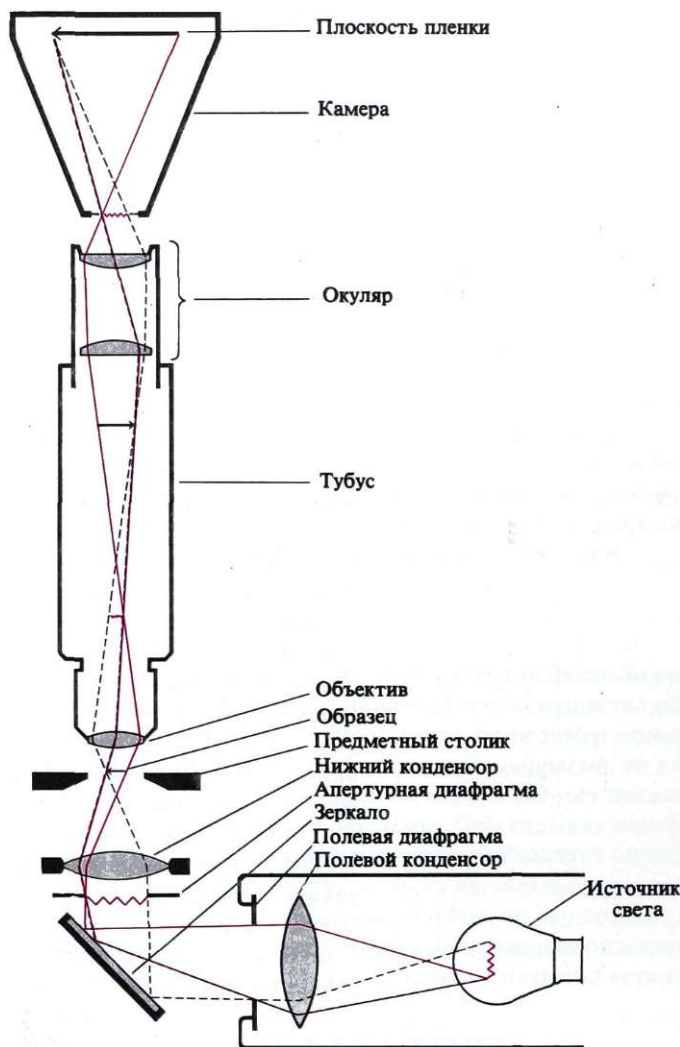
¹ Диафрагма потому и называется «полевой», что она определяет размеры поля изображения, в то время как апертурная диафрагма регулирует яркость освещения объекта. — *Прим. ред.*

Рис. 120.

Микроскоп и осветительное устройство по системе Кёлера. Световые лучи от лампы проходят через образец и падают на пленку. На рисунке показаны только четыре луча: два из них следует рассматривать как «освещающие» (красный цвет), а два — как лучи, формирующие изображение, причем один из них совпадает с одним из освещающих лучей (штриховая линия).

«Освещающие» лучи, проходя через конденсор осветителя, формируют изображение нити накала в плоскости круговой диафрагмы. Пройдя через конденсор предметного столика микроскопа, эти лучи попадают на образец. Еще одно изображение нити накала лампы формируется непосредственно над объективом, и еще одно — над окуляром. Хотя показанные здесь «освещающие» лучи исходят из одной точки нити накала, они расходятся таким образом, что «покрывают» всю поверхность образца и его последовательных изображений. Вместе с тем, несмотря на то что лучи, формирующие изображение, исходят от разных концов нити накала, они проходят через одни и те же точки образца и его последовательных изображений. Именно эти свойства системы Кёлера позволяют получить равномерное освещение от неоднородного источника света.

Следует иметь в виду, что диаметр диафрагмы осветителя выбирается так, чтобы была освещена только та часть образца, которая должна войти в кадр. Диаметр круговой диафрагмы определяет диаметр светового конуса, попадающего в объектив микроскопа.



не влияют на яркость изображения. Апертурная диафрагма регулируется таким образом, что рабочий диаметр объектива полностью заполняется световым конусом между образцом и объективом. Слишком большая апертурная диафрагма также может явиться причиной бликов внутри микроскопа, в результате чего понизится контраст изображения, а слишком малая ограничит числовую апертуру объектива и тем самым приведет к слабому разрешению и появлению интерференционных полос вокруг мелких деталей образца.

Когда лампа и микроскоп настроены правильно для данного метода подсветки, освещение образца будет равномерным, хотя нить лампы вовсе не является однородным источником света. Это важно. Ведь однородность освещения образца при обычном использовании микроскопа, т. е. при рассматривании объекта глазом, не столь существенна, поскольку глаз автоматически сглаживает любые неравномерности освещения поля зрения. Поскольку пленка не обладает

свойствами человеческого глаза, любая неравномерность освещения «проявится» на снимке в виде участков разной плотности, что очень затруднит расшифровку структуры образца.

Преимущества подсветки образца по методу Кёлера по сравнению с более простыми методами особенно отчетливо проявляются при фотографировании с большими увеличениями, например с 100-кратным объективом. При увеличении с объективами 40X и менее эти преимущества не столь очевидны, если вообще ощутимы. Фото 162—168, сделанные в проходящем свете, сняты с использованием для подсветки стандартного диапроектора, хотя сама схема освещения аналогична методу освещения по Кёлеру. Источником света в проекторе являлась мощная галогенная лампа, цветовая температура которой соответствовала спектральным характеристикам цветной пленки, поэтому требовалась лишь минимальная цветовая коррекция.

Свет от проектора направлялся непосредственно на зеркало микроскопа. Для получения равномерного освещения между проектором и зеркалом микроскопа помещался диффузор — небольшой вертикальный кусочек стекла с наклеенной на него калькой. После того как был выбран объектив, настройка всей системы освещения проводилась по следующей схеме:

1. Микроскоп фокусировался на образец путем визуального наблюдения через окуляр (со снятой камерой) при полностью открытой апертурной диафрагме.
2. Диффузор закрывался куском черной бумаги с небольшим отверстием посередине (диаметром около 2 мм) таким образом, чтобы центр отверстия лежал на оптической оси линзы проектора, проходящей через зеркальце микроскопа. (Это отверстие моделирует полевую диафрагму высококачественных осветительных устройств.)
3. При визуальном наблюдении через микроскоп изображение отверстия размещалось в центре поля изображения микроскопа путем изменения угла наклона зеркала.
4. Для получения наиболее резкого изображения отверстия производилась подстройка линзы конденсора. В результате конденсор создавал изображение полевой диафрагмы, лежащее точно в плоскости образца.
5. С диффузора снималась черная бумага.
6. При наблюдении с некоторого расстояния сквозь тубус микроскопа со снятым окуляром подстраивали диафрагму таким образом, чтобы яркий кружок света (изображение диафрагмы, создаваемое объективом) заполнил примерно четыре пятых задней поверхности объектива.
7. Поверхность диффузора равномерно ограничивалась до тех пор, пока освещенной оказывалась только интересующая область образца. С помощью зеркальной камеры эта операция выполняется довольно легко: наблюдая изображение

через видоискатель и перемещая каждый кусочек маскирующей черной бумаги вперед и назад, нужно зафиксировать его в том положении, когда он окажется точно на границе рамки видоискателя.

При фотомикрографии с помощью аппаратов с фиксированным объективом после выполнения описанной выше процедуры и перед установкой камеры на микроскоп следует проверить фокусировку микроскопа. Это делается непосредственным визуальным контролем через окуляр. При съемке зеркальной камерой со снятым объективом камеру следует устанавливать на микроскоп между этапами 6 и 7 и после этого снова фокусировать микроскоп до получения резкого изображения в видоискателе аппарата.

Описанную выше процедуру настройки освещения следует повторять при смене объектива или изменении увеличения системы. Если при снятом объективе увеличение меняется лишь посредством изменения расстояния между окуляром и пленкой, то можно ограничиться повторением только этапа 7 (помимо подстройки фокусировки микроскопа).

Выбор экспозиции

Определение нужной экспозиции для фотомикрографии с камерами со сквозной наводкой обычно осуществляют с помощью встроенного экспонометра. Если замер можно проводить и при полностью открытой диафрагме, то для получения более точных результатов его следует делать все-таки в режиме рабочей диафрагмы. При съемках камерами без системы TTL начальную экспозицию приходится определять методом проб и ошибок. Если была вычислена нужная выдержка для конкретного увеличения, то выдержка для другого увеличения определяется по приведенной ниже формуле, в которой начальные условия названы «стандартными»:

Новая выдержка = Стандартная выдержка $\times$

$$\times \left(\frac{\text{Стандартная числовая апертура}}{\text{Новая числовая апертура}} \right)^2 \times \left(\frac{\text{Новое увеличение}}{\text{Стандартное увеличение}} \right)^2.$$

Если используется объектив с другой числовой апертурой, то апертурную диафрагму следует изменить, как это было описано выше, с тем чтобы ее изображение, видимое через тубус микроскопа со снятым окуляром, как и раньше, заполняло приблизительно четыре пятых видимой области задней поверхности объектива. Хотя теоретически эта формула дает довольно хорошую оценку необходимой выдержки для новых условий, на практике рекомендуется делать несколько пробных снимков с выдержками, отличающимися от вычисленного значения в ту и другую сторону, чтобы гарантировать правильную экспозицию. Это в особенности важно, когда меняется сам образец, поскольку оптическая плотность каждого образца зависит от его физической природы, толщины и способа его обработки.

Съемка

Одна из проблем фотомикрографии связана с потерей резкости изображения вследствие перемещения и вибрации системы *камера — микроскоп* во время экспозиции. Из-за большого увеличения даже сравнительно незначительные колебания тубуса микроскопа относительно образца приводят к смещению изображения относительно плоскости пленки. Часто вибрация возникает при срабатывании затвора, причем при срабатывании шторных затворов она гораздо сильнее, чем при срабатывании центральных затворов. В связи с этим затворы камер, предназначенных для фотомикросъемки, крепятся на специальных амортизирующих резиновых подставках. Источником вибрации зеркальной камеры может быть само зеркало, которое непосредственно перед открытием затвора поднимается и уходит из зоны оптического пути лучей света, образующих изображение. В некоторых камерах зеркало поднимается и закрепляется в верхнем положении непосредственно перед началом экспозиции. Нажатие спусковой кнопки также может привести к сотрясению камеры. Поэтому лучше использовать гибкий тросик или механизм автоспуска. Полностью устранить влияние срабатывания затвора на резкость изображения не удастся. Однако это влияние можно сделать минимальным, если позаботиться о том, чтобы никакие (даже самые незначительные) сотрясения камеры не передавались микроскопу. Для этого камеру надо зафиксировать так, чтобы она находилась в правильном положении над микроскопом, но не касалась его, как, например, при съемке камерой с фиксированным объективом. Однако тонкая регулировка камеры и окуляра микроскопа, которая существенно влияет на качество изображения, в данном случае будет осуществляться вручную, а не автоматически, как при креплении через адаптер. Кроме того, из-за отсутствия механической связи между камерой и микроскопом между окуляром и камерой приходится ставить нечто вроде экрана, чтобы в камеру попадал только свет, идущий через микроскоп, это в особенности важно при съемке камерой со снятым объективом. Оправа объектива сама по себе непрозрачна, и если для экранирования используется солнечная блenda, установленная так, что в пространство между объективом камеры и окуляром микроскопа не попадает прямой свет, то необходимость в дополнительных экранах отпадает при условии, что уровень освещения в комнате поддерживается минимальным.

Один из возможных вариантов решения проблемы смещения камеры или образца во время экспонирования состоит в использовании затвора и спуска камеры не как средства управления длительностью выдержки, а лишь как устройства, открывающего пленку для экспозиции. Прделав всю предварительную настройку камеры, микроскопа и освещения и подготовившись к самому процессу съемки, далее можно поступить следующим образом. Источник света закрывают куском непрозрачной черной бумаги и, установив

затвор камеры в положение В, открывают и фиксируют его в открытом положении с помощью спускового тросика. Далее следует подождать несколько секунд, чтобы прекратились возможные вибрации, вызванные открыванием затвора, и уже после этого можно производить экспозицию пленки, сняв с источника освещения черную бумагу.

После экспонирования пленки затвор камеры закрывают. Чтобы избежать смещения камеры и микроскопа во время экспозиции, нужно следить за тем, чтобы черная бумага во время описанных манипуляций не касалась микроскопа. Поскольку подобным способом весьма сложно контролировать время экспонирования порядка 0,5 с, можно уменьшить интенсивность освещения, чтобы несколько увеличить выдержку. Проще всего это сделать, установив на пути светового луча нейтральный светофильтр. Такие серые нейтральные фильтры калибруются в логарифмической шкале, и повышение плотности на 0,3 ед. соответствует уменьшению светового потока, попадающего на пленку, в два раза. Это в свою очередь означает, что выдержку надо увеличивать в два раза. Фильтры (в том числе необходимые и для коррекции цветовой температуры) всегда следует помещать между образцом и источником света, а не между образцом и пленкой. При таком расположении любые возможные оптические дефекты фильтров, такие, как свили на поверхности, не отразятся на резкости изображения.

Фотомикросъемка с электронной вспышкой

Малая длительность излучения электронных вспышек делает этот вид источников освещения особенно удобным для фотомикросъемки крошечных живых организмов, которые настолько быстро перемещаются в поле микроскопа, что невозможно получить их резкое изображение, используя в качестве источника света лампы накаливания. Электронные вспышки могут оказаться весьма эффективными и при съемке неподвижных объектов, поскольку позволяют ослабить, а иногда и полностью исключить нерезкость изображения, вызванного перемещением камеры или микроскопа.

Поскольку вспышки включаются только во время съемки, для выбора кадра и настройки микроскопа и камеры необходимо дополнительное освещение, характер которого должен быть по возможности близким к освещению, даваемому электронной вспышкой. Для этого электронную вспышку устанавливают в положение, которое обычно занимает проектор (проектор при этом можно расположить позади вспышки так, чтобы он освещал диффузор).

Если в качестве источника освещения применяется так называемая компьютерная, т. е. автоматическая, вспышка, длительность излучения которой устанавливается автоматически, то ею нужно пользоваться в ручном режиме. Идеальной является компьютерная вспышка, у которой предусмотрена регулировка мощности разряда. В неавтоматическом режиме длительность излучения такой вспышки и, следовательно, его

полная энергия могут регулироваться вручную. Вспышки подобного типа позволяют наиболее просто изменить энергию излучения для получения нужной экспозиции¹.

Если относительное положение вспышки и источника подсветки остаются неизменными, то в камерах, имеющих экспонометр, работающий по системе TTL, необходимую выдержку можно определить на основании данных интенсивности подсветки. После того как для конкретной комбинации *увеличение — образец* с помощью предварительных тестов была определена нужная длительность или мощность излучения вспышки, величину изменения ее энергии для других комбинаций можно определить по показаниям экспонометра, полученным для двух различных комбинаций. Предположим, например, что лучший результат из серий пробных экспозиций был получен при энергии излучения, которая составляла $1/4$ максимальной выходной мощности вспышки, и что эти условия соответствуют интенсивности подсветки, требующей по замеру TTL выдержки $1/30$ с. Попробуем воспользоваться этим соотношением для определения необходимой энергии вспышки при съемке с другим увеличением или другого образца. Если экспонометр показывает, например, выдержку $1/60$ с, то очевидно, что для съемки будет достаточным освещение, интенсивность которого будет в два раза меньше, и, следовательно, энергия вспышки должна составлять $1/8$ выходной мощности.

При цветной фотомикросъемке с помощью электронной вспышки можно пользоваться пленками, предназначенными для дневного освещения, хотя пленки, предназначенные для съемок при искусственном освещении, также дают удовлетворительные результаты, если при этом применяются соответствующие конверсионные фильтры (Wratten 85B, или аналогичные по характеристикам фильтры). Для компенсации возможных цветовых искажений, вызванных оптикой микроскопа, могут потребоваться дополнительные цветные фильтры; они используются точно так же, как и для коррекции искусственного освещения.

Глубина резкости

Глубина резкости определяется как расстояние между ближайшей и наиболее удаленной точками, между которыми все точки снимаемого объекта проявятся на фотографии с допустимой степенью нерезкости. Поскольку глубина резкости на фотографии зависит от соотношения между размерами объекта и изображением, при увеличении размера изображения глубина резкости уменьшается. В обычной фотографии изображение, как правило, во много раз меньше снимаемого

¹ При использовании электронных вспышек для фотомикросъемки единственный способ регулировки экспозиции состоит в изменении количества света, проходящего через микроскоп; обычно для этого изменяют либо длительность, либо интенсивность вспышки. Если длительность излучения нельзя регулировать непосредственно, то можно ослабить его интенсивность, поставив перед вспышкой нейтральный светофильтр.

объекта, и глубина резкости составляет несколько метров или даже десятков метров. В крупноплановой фотографии и фотомacroграфии изображение может оказаться лишь чуть меньше или больше объекта. Поэтому глубина резкости сравнительно мала и изменяется в сантиметрах или в миллиметрах. Однако в фотомикрографии изображение во много раз превышает размеры объекта, и следовательно, глубина резкости настолько мала, что ее приходится измерять в микрометрах ($1 \text{ мкм} = 1/1000 \text{ мм}$). При использовании микроскопа по его прямому назначению эта ничтожная глубина резкости не представляет большой проблемы, поскольку аккомодация глаза позволяет фокусировать зрение на различных участках образца. Любые части образца, выпадающие из области аккомодации глаза, можно дополнительно сфокусировать небольшой подстройкой микроскопа. В фотомикрографии изображение должно лежать в точно заданной плоскости, поэтому если толщина образца превосходит глубину резкости, то некоторые части образца на фотографии выйдут нерезко.

В обычной фотографии глубина резкости зависит от величины относительного отверстия объектива. Это в равной мере относится и к фотомикрографии, поэтому объектив с низкой числовой апертурой дает большую глубину резкости, чем объектив с высокой числовой апертурой, если оба используются с одинаковым увеличением. Однако, как было показано, передача мелких деталей фотомикрографии в конечном счете определяется также числовой апертурой объектива: чем выше числовая апертура, тем больше разрешающая сила объектива. Таким образом, требования высокой разрешающей силы и большой глубины резкости взаимно противоречивы, поэтому при определении необходимых значений этих двух параметров приходится идти на компромисс. Если необходимое увеличение существенно меньше, чем максимальное рабочее увеличение, лимитируемое числовой апертурой объектива, т. е. существенно меньше, чем эта величина, умноженная на 1000, то для получения нужной глубины резкости можно несколько уменьшить апертуру без заметного снижения резкости изображения. В отличие от объективов фотокамер объективы микроскопов редко имеют ирисовые диафрагмы. Поэтому для изменения размеров относительных отверстий объектива микроскопа проводят корректировку апертурной диафрагмы микроскопа так, чтобы перевернутый световой конус между объективом и образцом освещал не весь диаметр объектива. Подобная корректировка осуществляется путем контроля изображения апертурной диафрагмы, сформированной объективом через тубус микроскопа со снятым окуляром, после настройки подсветки и всей осветительной оптики.

При съемке зеркальной камерой получающееся увеличение глубины резкости можно контролировать через видоискатель, но при этом из-за слишком зернистой поверхности матового стекла трудно заметить потерю

разрешающей способности, которая проявится на фотографии, если числовая апертура объектива будет слишком занижена. По этим причинам оптимальный размер апертурной диафрагмы при заданном увеличении приходится определять методом проб и ошибок. После того как выбрана необходимая диафрагма, определяют выдержку.

Для проработки деталей прозрачных или полупрозрачных образцов, которые оказываются невидимыми на ярко освещенном фоне, используется освещение по методу темного поля, при котором ярко освещенный образец рассматривается на темном фоне.

В тех случаях, когда детали структуры (например, клеток тканей) оказываются невидимыми при освещении с темным полем, применяется метод фазового контраста. Этот метод основан на существовании разности фаз между двумя лучами, один из которых прошел через образец; в результате интерференции этих двух лучей становится видимой структура образца. Для выявления мелких деталей кристаллических структур, таких, как горные породы и некоторые химические вещества, часто используется поляризованный свет. Получаемые при этом фотографии исключительно богаты по своему цветовому содержанию (см., например, фото 184).

Специальные методы фотосъемки

Довольно часто возникают ситуации, когда фотосъемка требует не только знания основных приемов и определенных навыков фотографирования (в особенности крупноплановых съемок), но и наличия специальных материалов и дополнительного (часто самодельного) оборудования.

Небольшие объекты живой природы в искусственных условиях

Прежде всего рассмотрим методы фотографирования насекомых, небольших земноводных, рептилий и т. д. в искусственных условиях, когда с помощью камуфляжа и тщательно подобранного освещения имитируется фотосъемка в естественных условиях. Такой метод часто используется (хотя об этом предпочитают умалчивать) при изготовлении книжных иллюстраций и подготовке телевизионных программ о живой природе. На первый взгляд подобные приемы кажутся не чем иным, как «жульничеством», однако не следует забывать, что нередко это единственная возможность зафиксировать повадки животных, их развитие и образ жизни.

Необходимым элементом таких съемок является какой-либо «ящик», который служит временным жилищем для животного и в котором размещают «декорации» (зелень, камни и т. д.)¹. Естественно, что эти «декорации» должны

¹ После окончания съемок животное необходимо отпустить на волю.

Фото 169.

Съедобная лягушка. Чтобы сфотографировать лягушку, ее поместили в ящик (рис. 121), предварительно положив в него листья и камни и налив немного воды. Фотосъемка производилась сверху, поэтому не было необходимости в искусственном фоне.



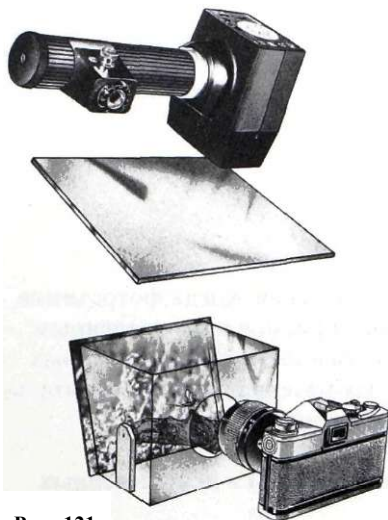


Рис. 121.

Простой ящик для фотографирования небольших насекомых и животных. Такой ящик можно сделать из прозрачного плексигласа или толстой полиэтиленовой пленки. В передней стенке ящика нужно сделать отверстие, достаточно большое, чтобы в него можно было вставить объектив. На задней стенке, которая должна быть съемной, крепится фон. Это может быть соответствующим образом расположенная доска или цветная фотография листьев или другой зелени, типичной для среды обитания животного. При фотографировании зелени для фона объектив следует слегка расфокусировать, чтобы получить нерезкое изображение и таким образом имитировать съемку объекта на воле. Фон размещают под углом. Это дает возможность осветить его равномерно, используя единственный источник света. В данном случае таким источником является электронная вспышка, освещающая сцену сверху через матовое стекло. В подобных ситуациях электронная вспышка — идеальный источник освещения, поскольку она позволяет «заморозить» любое движение объекта.

Рис. 122.

Ящик более усовершенствованной конструкции, чем предыдущий; наличие дополнительных приспособлений облегчает обращение с объектом и регулировку освещения. Для создания более равномерного освещения предусмотрена

достоверно воспроизводить ту среду, в которой животное живет на воле. При этом, как правило, требуется соответствующий обстановке «естественный» фон, который можно либо нарисовать, либо воспроизвести с помощью фотографий.

Рыбы в аквариуме

Трудности, возникающие при фотографировании рыб в аквариуме, связаны с отражением камеры и окружающих предметов от стенок аквариума. Возможные способы преодоления этих трудностей демонстрируются с помощью фотографий 170—173 и рис. 123—125.

Монеты и медали

Большинство монет и медалей изготавливается штамповкой из плоских металлических заготовок, при этом на металлической поверхности получается мелкое рельефное изображение. Трудности, возникающие при фотографировании монет, связаны в основном с выбором соответствующего освещения — такого, чтобы выпуклые участки на фотографии отличались по тону от остальной поверхности монеты.

Старые, потертые и поцарапанные монеты можно фотографировать, как любые другие предметы того же размера, и подсвечивать прямым светом. При этом, однако, необходимо тщательно подобрать расположение источника освещения, чтобы получить удовлетворительный световой контраст различных по высоте участков рельефного изображения.

Поверхность новых монет и памятных медалей часто хорошо отполирована, лучи света, падающие на такую поверхность, отражаются почти без рассеяния; при этом угол падения равен углу отражения.

Во многих случаях отражение от блестящих поверхностей является нежелательным (например, отражение от стекла или полированной мебели), и, чтобы избежать его, предельно тщательно выбирают положение источника освещения. Однако при фотографировании полированных монет и медалей возникает иная ситуация — лишь при направленном освещении монеты (или медали) можно контролировать отражение света от ее поверхности и добиться, чтобы контуры выпуклых изображений или надписей были светлее или темнее плоских участков. Только таким образом на снимке можно проработать небольшие перепады глубины рельефа, определяющие нанесенное изображение.

Именно при таком освещении (лучи света от источника параллельны оптической оси объектива) были сделаны фотографии 176; лучи света, падающие перпендикулярно на участки монеты, отражаются непосредственно в объектив, поэтому эти области на пленке оказываются светлее, чем контуры изображения и надписей, отражающие свет в стороны от объектива.

Для прямого освещения лампу необходимо было бы расположить за камерой, на оптической оси объектива.

возможность использования трех небольших электронных вспышек — одна сверху и по одной с каждой боковой стороны. Боковые вспышки служат в основном для освещения фона; для рассеивания света вспышек используется лист матового пластика. Верхняя вспышка освещает сам объект и располагается довольно высоко над ним так, чтобы он не отбрасывал теней на фон. Положение этой вспышки регулируется в зависимости от вида объекта. Внутренняя поверхность ящика окрашена в белый цвет, что также способствует более мягкому и рассеянному освещению. Наличие открывающейся дверцы на одной из боковых сторон ящика обеспечивает легкий доступ к объекту, а вращающееся основание позволяет поворачивать объект под нужным углом. Фон (фотография или рисованное изображение) вставляется в пазы открывающейся задней стенки ящика.

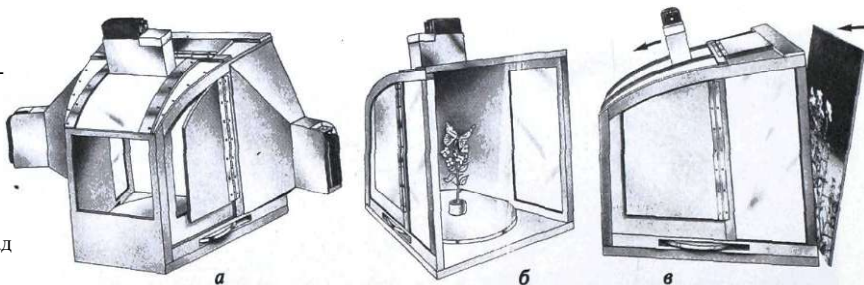


Фото 170.

Фотосъемка производилась с использованием простого приспособления, показанного на рис. 123. Рыбка освещалась электронной вспышкой, расположенной под довольно большим углом. В аквариум был вставлен кусок прозрачного стекла (невидимый на фотографии) для ограничения свободы передвижения рыбки в пределах довольно узкой области вблизи передней стенки аквариума.

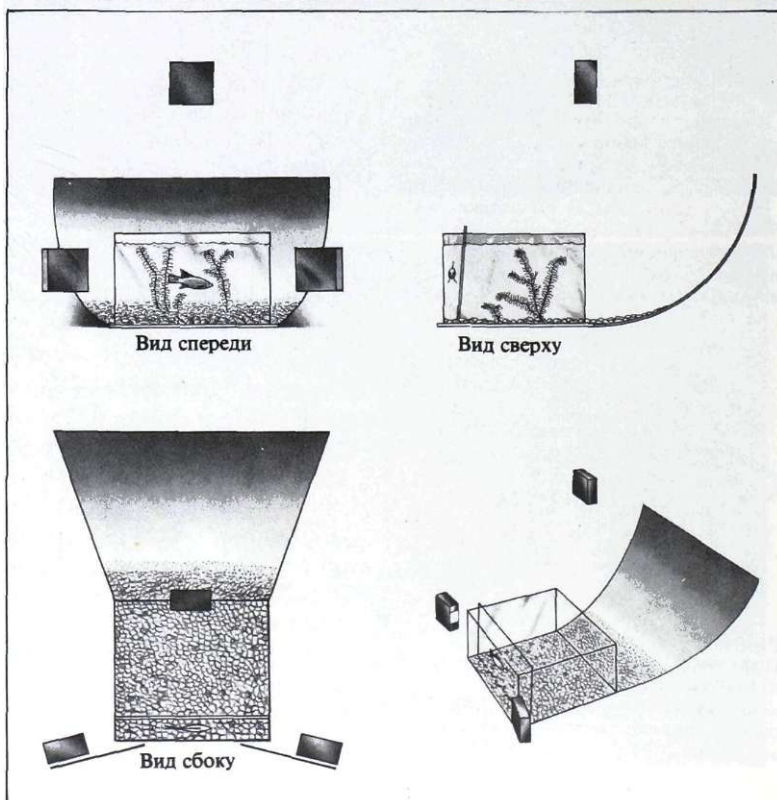


Рис. 123.

Приспособление, используемое при съемке рыб, например в аквариуме (фото 171).

Рис. 124.

Недостатком простого устройства для фотосъемки рыб, показанного на рис. 123, является то, что часть аквариума за рыбкой оказывается совершенно темной, без проработки деталей. Чтобы устранить этот недостаток, надо включить в кадр искусственный фон, которым может быть кусок соответствующим образом окрашенной бумаги, подложенный под аквариум и загибающийся вверх. Непосредственно за аквариумом на бумагу можно положить камушки, такие же, как и в аквариуме, создающие эффект уходящего вглубь речного дна.



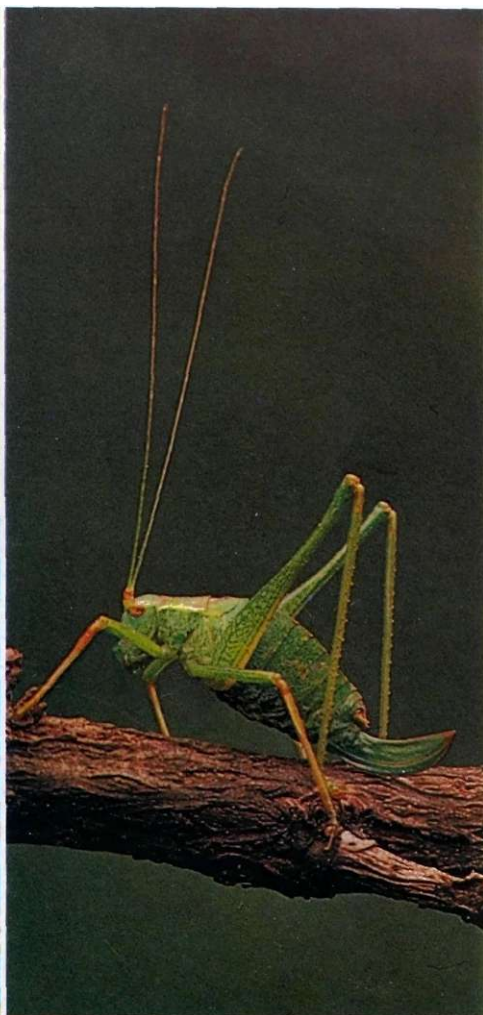


Фото 171.

Фотосъемка насекомых производилась с использованием ящика, изображенного на рис. 122.

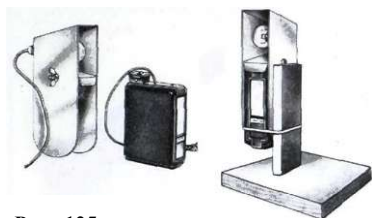


Рис. 125.

Простая контрольная лампа для проверки условий освещения — небольшая перекальная лампа, окруженная металлическим экраном.

Поскольку в этом случае камера будет заслонять собой источник света, можно расположить лампу иод прямым углом к оси объектива и поместить между монетой и объективом пластинку из чистого стекла под углом 45° к оптической оси объектива. Тогда большая часть света от лампы пройдет через стекло и будет утеряна, а некоторая его доля отразится от поверхности стекла и попадет на монету. И точно так же большая часть света, отраженного монетой в направлении камеры, пройдет через стекло и попадет в объектив.

Стекло можно поместить в картонную коробку, внутреннюю поверхность которой следует покрасить черной краской, чтобы отраженный ею свет не попадал на монету. Кроме того, это предотвратит попадание на монету прямого света. Ширина контурного изображения на фотографии зависит от размеров источника освещения и от расстояния от него до монеты. Если съемка ведется однообъективной зеркальной камерой, то оптимальное расстояние до источника освещения можно подобрать через видоискатель. Необходи-

Фото 172.

Фотосъемка производилась тремя маленькими электронными вспышками: по одной с каждой стороны (для освещения рыбки) и одна сверху, чуть сзади (для освещения фона). Достаточно хорошие результаты можно было бы получить с помощью двух вспышек, помещенных сверху: одной спереди (для освещения рыбки) и одной сзади (для освещения фона). Куски черного картона, закрепленные между вспышкой и камерой, предотвращают освещение камеры, которое могло бы дать блики на стенке. Вспышки должны быть расположены таким образом, чтобы углы аквариума не бросали тени на рыбку или фон. *Вверху* — использовались три идентичные вспышки, установленные на максимальную выходную мощность. Расстояние от передней вспышки до рыбки было меньше расстояния от задней вспышки до фона, поэтому выбор экспозиции осуществлялся по освещенности фона, в результате чего фон оказался недодержанным, а некоторые детали слишком темными. *В центре* — для снижения освещенности перед каждой из вспышек помещали кусок кальки. Для получения нужной экспозиции рыбки диафрагму пришлось увеличить на полделения. В результате фон на фотографии стал светлее. *Внизу* — перед каждой из вспышек помещали по два листка кальки, что еще больше снижало интенсивность освещения. Для получения правильной экспозиции рыбки диафрагма была увеличена еще на полделения, что позволило лучше проработать фон.





Фон 173.

Слева — личинка *Coenagrion*, 4X. При фотографировании маленьких объектов живой природы возникает проблема, связанная с фиксацией их положения и, следовательно, с фокусировкой объекта. В данном случае эта проблема была решена путем помещения личинки в специально изготовленный для этих целей конверт.

Конверт представлял собой два листа гибкой прозрачной пленки (размерами примерно 7,5 см²), склеенных двусторонней липкой лентой. Чтобы конверт не пропускал воду, его по периметру обклеили водонепроницаемой пленкой — полихлорвиниловой изолентой. *Canon F1*, 50-мм макрообъектив с мехом, растяжение 8,3 см, электронная вспышка, 1:16, Kodachrome 64. В центре — личинка

комара *Culex*, 6 X. Для того чтобы дышать, личинка комара вынуждена подниматься к поверхности воды. Чтобы отразить этот процесс на фотографии, необходимо было показать поверхность раздела вода — воздух. Поскольку в данном случае требовалась ровная поверхность воды, предыдущий способ фотосъемки пришлось несколько видоизменить: между двумя пластинками тонкого стекла помещали U-образный кусок провода круглого сечения с хлорвиниловой изоляцией. Вся система прочно скреплялась с помощью трех небольших зажимов. *Carton F1*, 50-мм макрообъектив с мехом, растяжение 8,3 см, электронная вспышка, 1:16, Kodachrome 64.

Справа — водомерка *Gerris*, в

натуральную величину на поверхности воды, налитой в мелкую лабораторную чашку. Дно чашки было покрыто песком, а на поверхности воды плавали листья водяных растений. В качестве источников света использовались две небольшие вспышки, которые размещались по обе стороны от чашки. Для лучшего рассеивания света и снижения освещенности до желаемого уровня перед каждой из вспышек помещался лист кальки. *Canon F1*, 50-мм макрообъектив, электронная вспышка, 1:22, Kodachrome 25.

Важное замечание: сразу же после окончания фотосъемки объект съемки живой природы должен быть возвращен в естественную для него среду обитания.

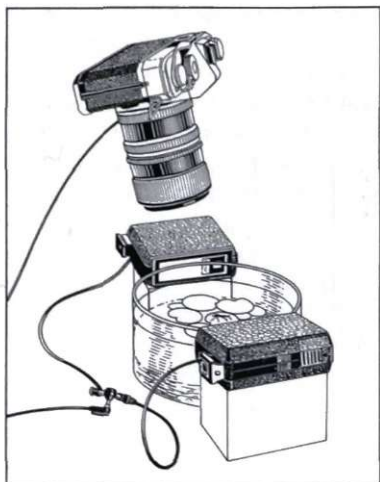
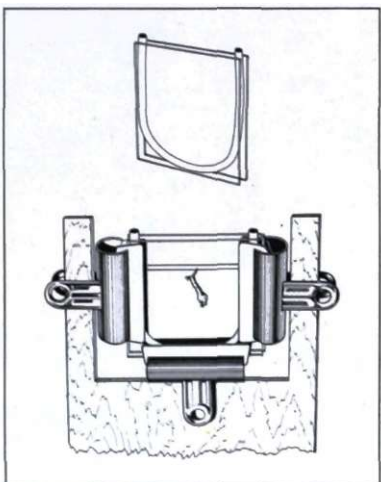
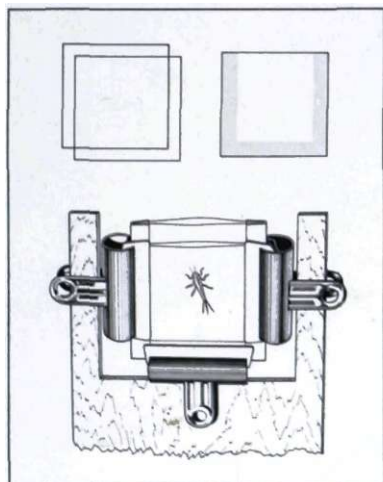




Рис. 126.

Если свет падает на матовую непотированную поверхность, то он отражается от нее случайным образом, т. е. имеет место рассеивание. Луч света, падающий на тщательно отполированную поверхность, ведет себя подобно мячику, отскакивающему от гладкого пола; свет отражается от такой поверхности под углом, равным углу, под которым он на нее падает.

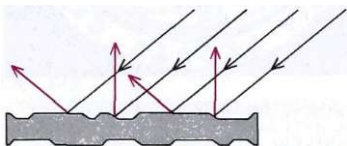


Рис. 127.

В сторону объектива отражается только свет, падающий на обращенные вправо выпуклости монеты (фото 174). Свет, падающий на остальную поверхность монеты, в объектив не попадает. В результате получается изображение, на котором утеряно множество деталей.

Фото 174.

Фотосъемка производилась с помощью одной лампы, расположенной справа от монеты. Резкая направленность освещения подчеркивает царапины и пятна на поверхности монеты.



мую экспозицию можно оценить по замерам через объектив (системы TTL), однако точное ее значение можно найти только экспериментально, сделав серию кадров с немного меняющейся экспозицией.

Стекло должно быть по возможности оптически плоским, в противном случае возможна потеря резкости изображения. Для этой цели можно использовать старую фотографическую пластинку, предварительно удалив с нее эмульсию с помощью раствора для чистки домашней посуды, или обычное тонкое стекло, которым застекляют рамки для небольших фотографий, эстампов и т. д.

При фотографировании монет (фото 177) использовалось освещение, при котором контуры выпуклых участков получились по тону более светлыми, чем плоские области.

Техника фотосъемки монет, изображенных на фотографии 177, была следующая: монета помещалась на небольшой бумажный кружок, лежащий на стекле, расположенном над источником света, при этом кружок полностью загораживал объектив от попадания прямого освещения. Над кружком с монетой симметрично устанавливался открытый конус из белой бумаги с основанием, большим, чем диаметр бумажного кружка. Свет от лампы, падающий на внутреннюю поверхность конуса, рассеивался, и часть его попадала на монету. Лучи, падающие на плоские участки, отражались в сторону от объектива, а часть света, падающего на границы выпуклых участков, отражалась в объектив.

Ширину контура на снимке можно регулировать, изменяя высоту бумажного конуса. Однако высота конуса не должна быть слишком большой, иначе его верхушка будет отражаться от поверхности монеты. Поэтому удобно сделать

Фото 175.

Изображение старой и потертой золотой монеты с хорошей проработкой мелких деталей поверхности.





Фото 176.

Слева — фотосъемка производилась с помощью перекальной лампы, снабженной рефлектором, причем в качестве рассеивателя использовался кусок кальки. Источник освещения располагался на расстоянии около 30 см от объектива. В центре — источник освещения располагался на расстоянии более 30 см. Справа — поместив монету внутрь хорошо отполированного рефлектора, можно получить одновременно изображение поверхности монеты и надписи на ее торце, но надпись оказывается зеркально перевернутой.

специальную оправку — высокий конус черного цвета, в который можно вставлять белые конусы разной высоты.

Однако высота конуса не должна быть слишком большой, иначе его верхушка будет отражаться от поверхности монеты. Поэтому удобно сделать специальную оправку — высокий конус черного цвета, в который можно вставлять белые конуса разной высоты.

Необходимую выдержку каждый раз приходится находить экспериментально, хотя значение ее можно прикинуть по показаниям экспонометра, работающего по системе TTL.

Флуоресцирующие объекты

Под воздействием внешнего источника излучения некоторые тела начинают светиться. Это явление получило название «люминесценции». Если свечение тела наблюдается только во время действия источника излучения, то оно

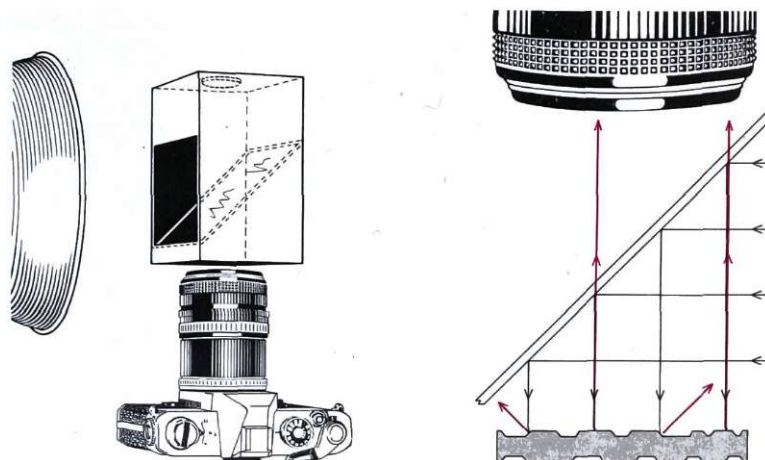


Рис. 128.

Схема фотосъемки для получения изображения монет, приведенных на фото 176: в объектив попадают только лучи, отраженные от поверхности монеты, расположенной под прямым углом к оси объектива (без соблюдения масштаба).

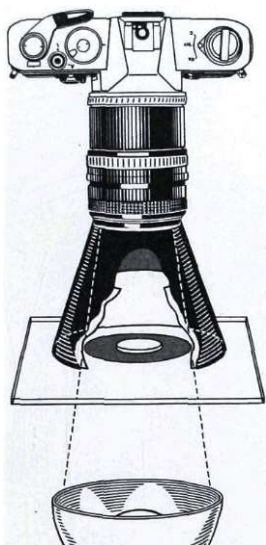


Рис. 129.
Схема фотосъемки для получения изображений монеты, приведенных на фото 177.

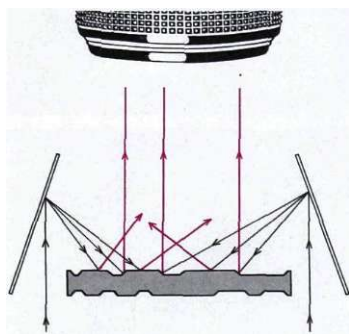


Рис. 130.
При данном угле падения отраженного конусом света на монету в объектив попадают только лучи, отраженные от краев выпуклых областей поверхности монеты (без соблюдения масштаба).

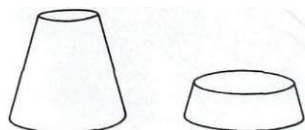


Рис.131.
Приблизительные относительные размеры конусов, которые использовались для получения изображений монеты, приведенных на фото 177.

называется флуоресценцией. Чтобы заставить тело светиться, применяют, как правило, источники света, спектр излучения которых содержит большое количество лучей коротких длин волн, т. е. ультрафиолетовых лучей. Цвет свечения обычно не имеет ничего общего с естественным цветом вещества. Стеклоанная оболочка источника излучения включает фильтр, пропускающий ультрафиолетовое излучение и поглощающий почти весь видимый свет. Для невооруженного глаза такая лампа чуть светится, испуская темно-фиолетовый свет. Поскольку видимый свет, излучаемый флуоресцирующими телами, очень «тусклый» по сравнению с уровнями яркости, привычными в обычной фотографии, то чтобы получить качественное изображение «светящихся» объектов, необходимо фотографировать их с достаточно большой экспозицией.

Цветные снимки флуоресцирующих объектов можно делать на пленке, предназначенной как для дневного, так и искусственного освещения, причем в первом случае искажающие синеватые тона проявляются в меньшей степени.

Выдержку лучше всего определять методом «проб и ошибок», поскольку видимый свет при флуоресценции настолько слаб, что большинство экспонометров его просто не могут зарегистрировать. Снимать следует в темном помещении, так как любой прямой свет, попавший на объект, забьет флуоресцентное излучение.

Стекло

При фотографировании стекла никогда не следует освещать объект прямым светом; лучше всего подсвечивать фон, причем это надо делать так, чтобы на объект падал свет, отраженный или прошедший через фон.

Изделия из простого стекла можно «окрасить», поместив их на цветном фоне или надев на источники освещения цветные фильтры. Интересные эффекты можно получить, если подсвечивать фон не спереди, а сзади, используя в качестве фона прозрачный или полупрозрачный пластик, или стекло. Для этой цели можно использовать ребристое или волнистое стекло, которое иногда ставят, например, в дверях ванных комнат.

Дешевые и эффективные источники освещения можно сделать из ламп (типа настольных) с отражателями. В качестве источника цветного освещения можно использовать обычный диапроектор, надев на его объектив цветной фильтр.

Техника «акварельных» тонов

Фотографии 180 и 181 демонстрируют интересный и очень простой способ фотосъемки, позволяющий получить совершенно необычное изображение, напоминающее тонкую акварель.

Срезанные цветы помещают на лист кальки, приклеенной к стеклянной пластинке, размещенной горизонтально над камерой. Сверху цветы прикрывают стеклом, лежащим на специальных подставочках, чтобы цветы

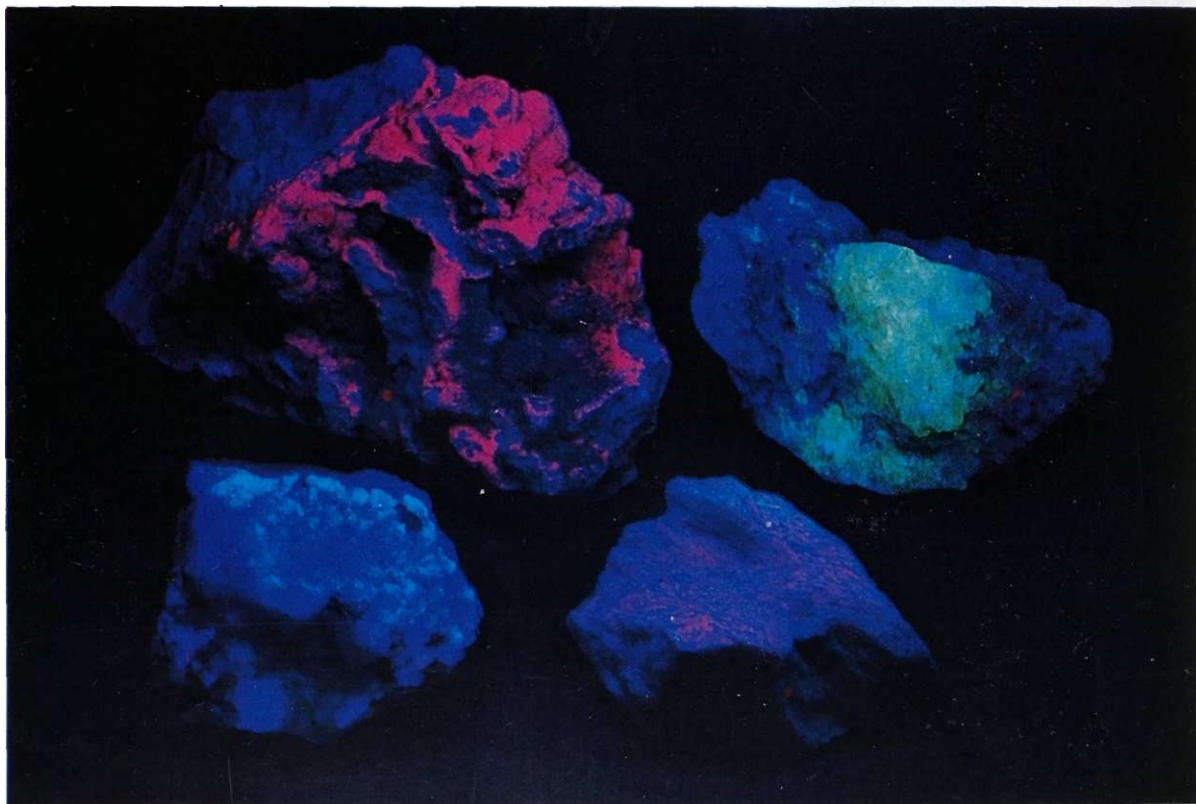
Фото 177.

Фотосъемка производилась с использованием высокого и низкого конусов. В первом случае (слева) контур изображения получили более широкими, чем во втором (справа).



Фото 178.

Ничем не примечательные на вид образцы минералов при фотосъемке с использованием электронной вспышки совершенно «преображаются» при освещении их светом ультрафиолетовой флуоресцентной лампы. Большинство фотопленок чувствительно к УФ-излучению, поэтому чтобы исключить появление на пленке ультрафиолетового изображения, которое придает снимку голубоватый оттенок при плохом насыщении цветов, на объектив надевают светофильтр типа Wratten 2B. 16 мин, 1:22, Kodachrome 64, флуоресцентная лампа Blacklight Blue 8 Вт на расстоянии 15 см от объекта съемки.



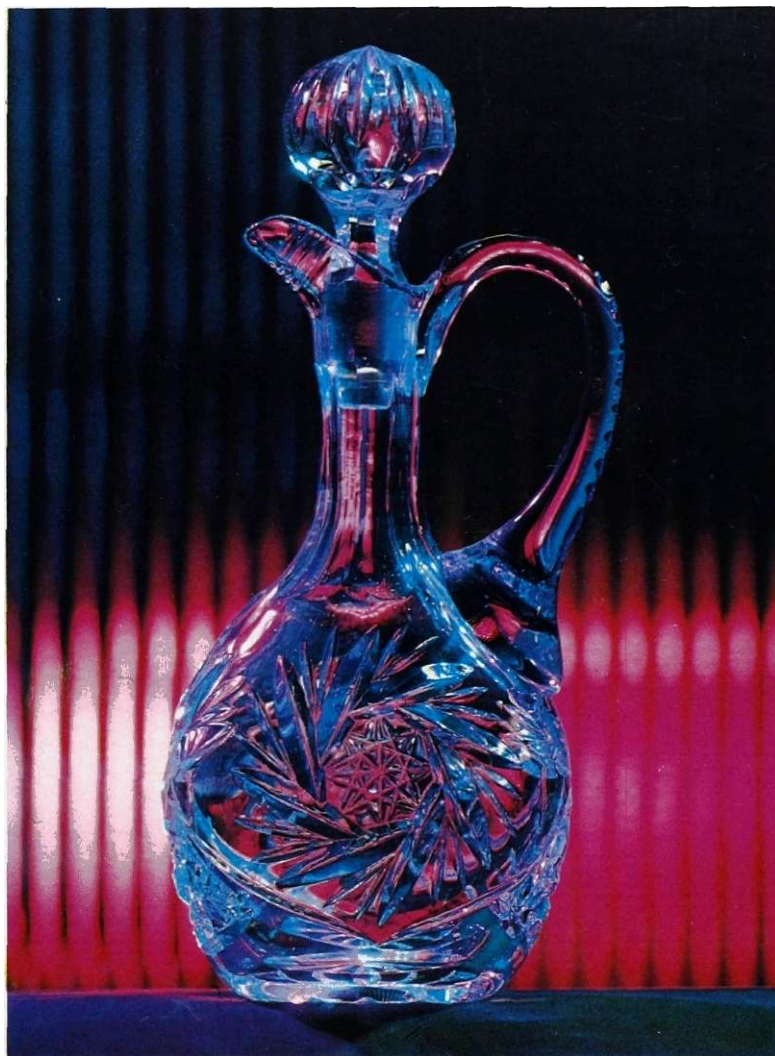


Фото 179.

Слева — фотосъемка производилась с использованием двух источников освещения, причем один из них имел красный фильтр, а другой — синий. Фоном служило рифленое стекло, при этом фон непосредственно за графином подсвечивался красным фонарем, а фон слева от графина сразу за границей кадра — синим фонарем. *Решах, 1/15 с, 1:8, Kodachrome 25.* Справа — фоном служило матовое стекло, установленное на расстоянии 25 см от графина и подсвеченное сзади. Для получения черного фона на стекло был наклеен кусок черной бумаги, полностью заполняющий весь кадр. Графин освещался светом, проникающим «в обход» черного экрана. *Canon FTb, 1/8 с, 1:11, Ektachrome 50.*

не сплющивались. Размещенная сверху лампа освещает объект, бросая четко очерченные тени от цветов на кальку. Свет, отраженный калькой на нижнюю часть цветов, не касаящуюся бумаги, отражается вниз, «вбирая» в себя их цветовую окраску. Этот отраженный свет вместе со светом, прошедшим через более прозрачные части лепестков и листьев, частично окрашивает тень. Таким образом в объектив, расположенный под калькой, попадает четкая тень цветка, заполненная слегка смазанным мягко окрашенным изображением мелких деталей его структуры.

Имитация живописи маслом

Фотографии 182 и 183 иллюстрируют способ фотосъемки, с помощью которого обычный цветной диапозитив «превращается» в репродукцию живописной картины.

Обычный диапозитив фотографируют через

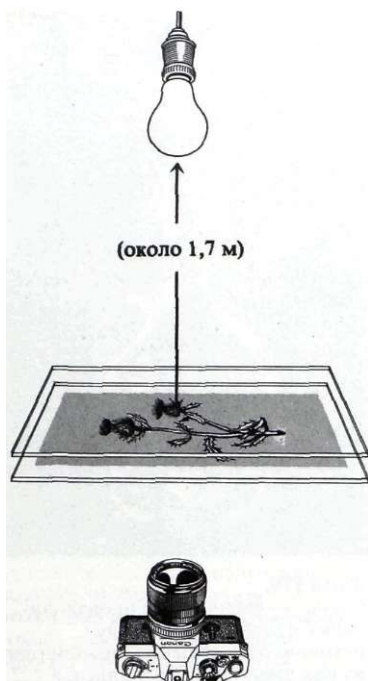


Рис. 132.

Схематическое изображение способа фотосъемки, с помощью которого были получены фото 180 и 181. На верхнюю поверхность горизонтально расположенного стекла накладывается лист кальки, на который укладывают цветы; сверху на цветы помещают стеклянную пластинку для фиксирования их положения. Над цветами на высоте 1,7 м подвешивают фотолампу (№ 1 Photoflood) без рефлектора и таким образом создают точечный источник света, позволяющий получить резкое изображение контуров цветка на кальке. Для фотосъемки используется пленка, предназначенная для искусственного освещения, хотя с соответствующими фильтрами можно снимать и на пленку для дневного света. Выдержку выбирают экспериментально в зависимости от оптических свойств бутона, листьев и кальки.

Фото 180.

Фотосъемка производилась способом, схематически изображенным на рис. 132.

«неотражающее» стекло, которое используется в рамках для картин, расположенное в нескольких миллиметрах перед диапозитивом. Поверхность стекла была специально «затрублена», так чтобы она «расщепляла» изображение и давала картину в духе импрессионистов.

Чтобы полностью заполнить кадр выбранным участком диапозитива, на камере устанавливались удлинительные кольца или мех. Размеры «раковин» на поверхности стекла были как раз достаточны для участка диапозитива размером в обычный стандартный кадр 35-мм пленки. Если оригинал больше, то размеры «пятен» на картине станут меньше относительно ее размеров и «живописный» эффект будет не столь явно выражен. Степень расщепления изображения зависит также от расстояния между стеклом и оригиналом.

Фотографии 182 и 183 сделаны репродукцией почти всей площади 35-мм диапозитива при расстоянии от оригинала до стекла порядка 6 мм. Для фиксации стекла между ним и оригиналом можно положить столбиками несколько монет.

Оригинал можно подсвечивать перекальной лампой или электронной вспышкой через матовое стекло. Цветовая





Фото 181.

Фотосъемка производилась
способом, схематически
изображенным на рис. 132.

Papaver rhoeas



Фото 182.

Фотосъемка производилась способом, схематически изображенным на рис. 133.



Рис. 133.

Схематическое изображение способа фотосъемки, позволяющего имитировать живопись маслом. «Объектом» фотосъемки служит «сэндвич» из «неотражающего» стекла, слайда и матового

температура пленки должна соответствовать температуре источника освещения; если необходимо, ее можно скорректировать соответствующим фильтром. Для наиболее резкого изображения «мазков» объектив следует сфокусировать на некоторую точку между стеклом и оригиналом и снимать при достаточной глубине резкости. Следует сделать серию снимков с различной выдержкой и после проявления выбрать наилучший вариант, скорректировав и тип светофильтра, чтобы исключить неожиданные цветовые искажения.

Описанный метод фотосъемки применим в первую очередь для «пестрых» изображений, и хотя в этом случае неизбежно некоторое увеличение контрастности, однако это только усиливает желаемый эффект мазков.

Кристаллы в поляризованном свете

Свет, исходящий от обычного источника освещения, например электрической лампы, представляет собой совокупность поперечных колебаний всех направлений, т. е. волны распространяются во всех плоскостях, проходящих через ось светового пучка. Такой свет называют естественным или неполяризованным.

Если на пути светового пучка поставить соответствующий фильтр, то прошедший через него свет будет представлять собой совокупность поперечных колебаний

диффузора. Площадь диффузора вокруг слайда закрыта черной бумагой, чтобы исключить попадание в объектив постороннего света. В качестве подставок для фиксации верхнего стекла используются монеты.

Фото 183.

Слева — фрагмент слайда, с которого сделан снимок, имитирующий живопись; *справа* — букет был сфотографирован для того, чтобы с помощью способа, схематически изображенного на рис. 133, получить изображение, напоминающее живопись маслом.

одного направления, т. е. поле волн будет направлено везде параллельно одному и тому же направлению. Такую волну называют линейно поляризованной или поляризованной в плоскости (в плоскости поляризации), а свет — поляризованным (рис. 134). Если на пути поляризованного света поставить еще один поляризационный фильтр, то свет пройдет через него только в том случае, когда плоскости поляризации обоих фильтров будут параллельны. Это можно продемонстрировать, соединив два фильтра и постепенно вращая их относительно друг друга; яркость света при этом будет циклически плавно меняться от темного к светлому и обратно. Когда световое пятно станет наиболее темным, это означает, что плоскости поляризации фильтров перпендикулярны, или, как говорят, фильтры «скрещены».

Многие вещества обладают свойством поляризации падающего на них света. Если такое вещество поместить



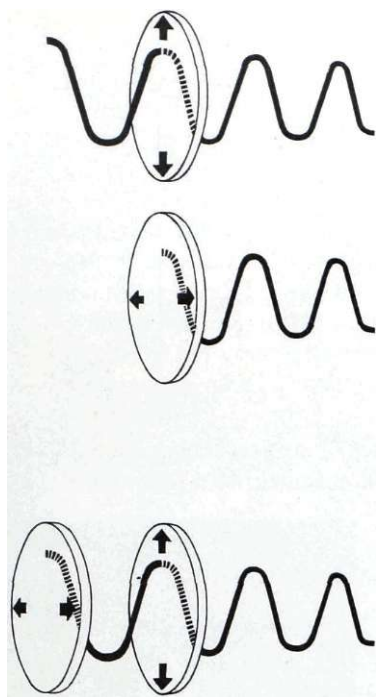


Рис. 134.

Свет беспрепятственно проходит через поляризационный фильтр только в том случае, когда плоскость колебания света строго параллельна плоскости поляризации фильтра. Если два поляроида расположены так, что их плоскости поляризации перпендикулярны, то свет, прошедший через один фильтр, сможет пройти через другой, только если повернуть его плоскость колебаний.

между двумя скрещенными поляризационными фильтрами, то плоскость поляризации света, прошедшего через первый фильтр, изменится таким образом, что часть его пройдет через второй фильтр. При прохождении света через некоторые вещества плоскость поляризации поворачивается на разный угол для разных длин волн (цветов). Если такой объект (быть может, даже бесцветный) поместить между скрещенными фильтрами, то он окажется окрашенным. Примером может служить целлофановая пленка с сигаретных пачек: если пленку смять или сложить слоями разной толщины и поместить между скрещенными фильтрами, то на просвет она покажется разноцветной.

Аналогичная ситуация наблюдается при прохождении света через бесцветные кристаллы многих широко распространенных химических соединений. Такие кристаллы являются идеальным средством для получения необыкновенно ярких, почти абстрактных картин и могут быть получены либо выпариванием раствора, либо плавлением вещества с последующим охлаждением расплава. Какой метод лучше использовать — зависит от природы данного вещества. В любом случае кристаллы должны быть получены в виде очень тонкого слоя на кусочке тонкого стекла — предметного стекла микроскопа или защитного стекла обычной рамки диапозитива. В первом случае на стекло наносят капельку вещества, которую сверху накрывают другим кусочком стекла и оставляют на какое-то время, пока жидкость не высохнет. Во втором случае берут обычный утюг, нагревают и на гладкую горячую поверхность помещают кусочек стекла с нанесенным на него небольшим количеством вещества. Как только вещество расплавится, его накрывают другим кусочком стекла и осторожно надавливают, чтобы уделить излишек расплава и получить тонкую пленку. Полученный таким образом «сэндвич» снимают с утюга и охлаждают. Когда кристаллы готовы для съемки, «сэндвич» из фильтров и кристаллов помещают на рассеиватель, который равномерно освещается сзади.

При выращивании кристаллов из расплава важно вовремя положить стекло на расплав, т. е. вещество должно быть достаточно жидким и вместе с тем в расплаве не должно быть пузырьков воздуха.

Для роста кристаллов может потребоваться несколько часов, и в зависимости от химического состава вещества кристаллы могут изменять свою форму в течение длительного периода времени: дней или даже недель. Форма полученного образования непредсказуема и неповторима, за исключением некоторых геологических образцов.

На фотографии 185 изображены кристаллы лимонной кислоты, полученные из расплавов. Как можно видеть, среди них нет одинаковых. Поскольку в обычных условиях эти кристаллы бесцветны, за их ростом можно наблюдать, только поместив их между скрещенными поляризационными фильтрами.



Фото 184.

При фотосъемке кристаллов в поляризованном свете необходимо, чтобы плоскости поляризации двух фильтров были строго перпендикулярны. *Слева* — угол между плоскостями поляризации составлял 45° , в результате чего изображение получилось плоским с плохой насыщенностью цветов; *справа* — угол между плоскостями поляризации составлял 90° , в результате чего изображение получилось более ярким и контрастным.

Для получения фотографий кристаллов лимонной кислоты в качестве источника освещения использовался диапроектор; съемка проводилась на пленку, рассчитанную для искусственного освещения. Можно было бы использовать и вспышку в сочетании с пленкой для дневного света, однако тогда для фокусировки потребовалась бы дополнительная настраиваемая лампа накаливания.

Поскольку размеры кристаллов малы, при съемках увеличение на пленке будет больше единицы, наилучшие результаты получаются при съемках с перевернутым объективом. Снимать следует с ограниченной глубиной поля зрения, в противном случае резкость изображения будет потеряна вследствие дифракции.

Оптическое качество поляризационного фильтра должно быть безукоризненным (необходимо пользоваться стеклянным фильтром), иначе качество изображения будет очень низким. Качество фильтра, устанавливаемого между кристаллами и источником освещения, не столь существенно, и поэтому можно использовать более дешевый пластиковый фильтр.

К оценке выдержки на основании данных замера по системе TTL следует относиться с осторожностью. Дело в том что оптика видоискателей некоторых однообъективных зеркальных камер в определенной степени сама поляризует свет, и, если ее плоскость поляризации отличается от плоскости поляризации света, прошедшего через «сэндвич», часть света будет поглощена и экспонометр даст заниженный отсчет, чем есть в действительности. В результате пленка окажется передержанной.

Обладает ли камера подобным дефектом или нет, можно проверить, надев на объектив поляризационный фильтр и наблюдая в видоискатель источник рассеянного неполяризованного света. Поворачивая фильтр, следят за показаниями экспонометра: если при вращении фильтра показания

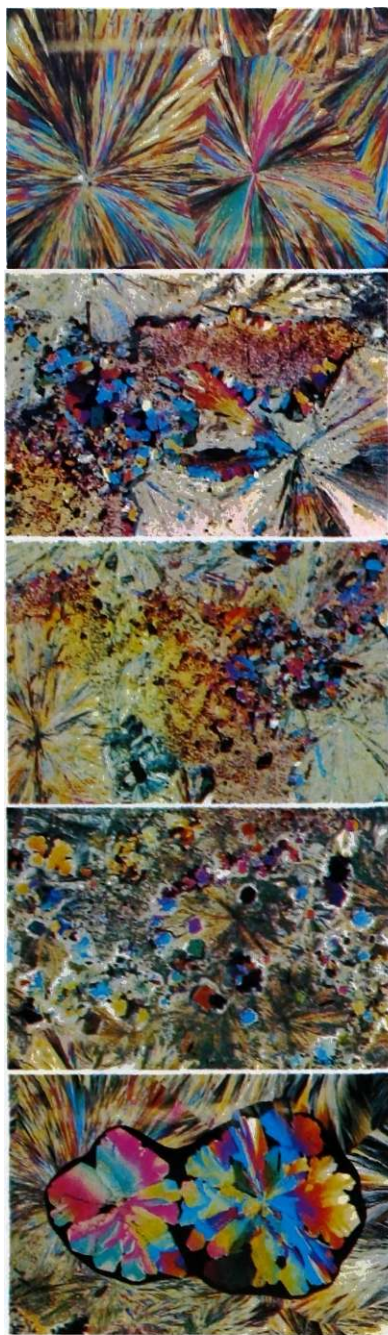


Фото 185.

Рост кристаллов лимонной кислоты. Направление роста кристаллов и образующиеся при этом конфигурации обычно совершенно непредсказуемы. Кристаллы лимонной кислоты были получены путем нанесения тонкого слоя расплава на стеклянную подложку и последующего охлаждения.



Фото 186.

Формирование кристаллов часто продолжается и после завершения первой стадии кристаллизации. *Слева* — кристаллы лимонной кислоты спустя 4 дня после кристаллизации, 4х ; *справа* — кристаллы лимонной кислоты спустя 7 недель после кристаллизации, 10 X .



Фото 187.

Многие геологические образцы, специально приготовленные в виде тонких пластинок, очень хороши для фотосъемок в поляризованном свете. *Вверху* — пластинки гранодиорита, фотосъемка производилась при обычном освещении; *внизу* — пластинки гранодиорита, фотосъемка производилась через скрещенные поляроиды.



меняются, то в качестве первого приближения следует уменьшить экспозицию на одно-два деления по сравнению с показаниями экспонометра.

При подобных экспериментах по выращиванию кристаллов разных химических соединений следует быть предельно осторожным, особенно при получении кристаллов из расплава, поскольку некоторые довольно безобидные вещества при нагревании выделяют вредные газы.

Демонстрация слайдов

Демонстрация цветных слайдов

Один из самых неудачных, но тем не менее самых популярных способов демонстрации цветных слайдов состоит в рассматривании их на просвет на фоне лампы или окна. Часто цвет такого освещения не соответствует цветным характеристикам слайдов, и в результате нарушается их цветовой баланс: свет, обрамляющий слайд, кажется гораздо ярче, чем свет, прошедший через слайд, и снимок выглядит блеклым и менее красочным, чем он есть на самом деле.

Диапозитивы большого формата обычно рассматривают на специальном просмотрном столе, при этом по краям слайда размещают черную бумагу или картон, чтобы затенить лишний свет. В качестве источника света используется лампа накаливания или, что предпочтительнее, лампы дневного света. Такой стол удобен для первичной сортировки и компоновки серий слайдов на 35-мм пленке или для отбора слайдов для демонстрации.

Наиболее эффективный способ показа слайдов — проецирование их на ровную белую поверхность в затемненной комнате. В этом случае воспроизводится весь диапазон цветовых тонов снимка, причем цвета оказываются яркими и сочными. Однако, прежде чем приступить к демонстрации своих слайдов, фотограф должен произвести отбор, безжалостно отбросив те из них, которые либо имеют определенные технические дефекты (недодержаны или передержаны, поцарапаны, нерезки и т. д.), либо повторяют друг друга. Этот процесс может оказаться в определенной степени болезненным, поскольку часто приходится откладывать в сторону фотографии, на которые во время съемки возлагались большие надежды или съемка которых сопровождалась определенным риском и т. д. И тем не менее это следует сделать, поскольку нет более скучного и нудного занятия, чем рассматривание низкокачественных и повторяющихся слайдов, которое к тому же сопровождается комментариями автора, пытающегося объяснить причины постигших его неудач.

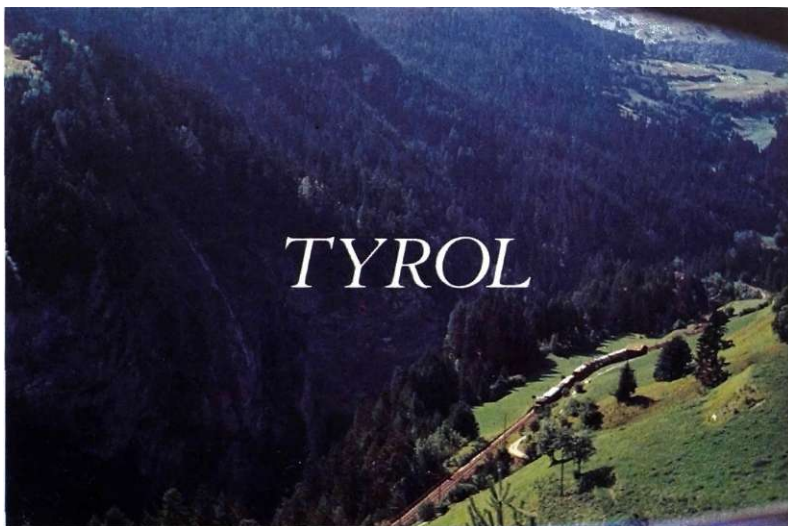
Для показа следует отобрать 40—50 действительно интересных и качественных слайдов. Заканчивать демонстрацию надо таким слайдом, чтобы вызвать у зрителя чувство сожаления в связи с окончанием просмотра и вместе с тем желание принять участие в просмотре ваших новых шедевров.

Демонстрируемая серия слайдов должна иметь

Фото 188.

Во время путешествия имеет смысл сделать несколько снимков, включающих большие однотонные области, на которых впоследствии можно будет сделать соответствующие пояснительные надписи.

Если поле, на котором делаются надписи, светлое, то надпись можно нанести, наложив на слайд, служащий фоном, слайд, содержащий только надпись в виде черных букв на белом фоне, и сделав копию составного слайда. В данном случае надпись должна быть светлой на черном фоне. Для этого слайд-оригинал сфотографировали камерой с промежуточными удлинительными кольцами и, наложив на него надпись, сфотографировали ее на тот же кадр с повторной экспозицией.



определенную логическую последовательность. Лучше всего придерживаться хронологического порядка. Например, слайды, иллюстрирующие круиз по Средиземному морю, следует демонстрировать в порядке посещения портов. Кроме того, можно продемонстрировать слайды с картой, на которой помечен курс судна и места, где делались отдельные снимки. На слайды можно нанести надписи, включающие, скажем, название мест, к которым они относятся. При этом имеет смысл сделать несколько «лишних» снимков, в которых большую площадь кадра занимает небо, море или горы, где затем можно будет поместить название соответствующего места. Надпись можно сделать методом двойной экспозиции при дублировании слайдов: наложив надпись на изображение, получим белые буквы на темном фоне. Если изготовить «сэндвич» из двух слайдов — изображения и надписей, то получим темные буквы на светлом фоне.

Готовый слайд имеет смысл поместить между двумя стеклами, что позволит избежать на его поверхности царапин, пыли и следов пальцев. Изготовление демонстрационных слайдов — довольно трудоемкая и утомительная работа, требующая специальных стекол, ограничивающих поле зрения масок, клейкой ленты и т. д. Прежде чем монтировать слайд, его надо тщательно очистить. Небольшая, но увеличенная раз в тридцать пылинка на фоне чистого неба окажется совершенно некстати, когда фотография будет демонстрироваться на экране. Слайд и стекла перед сборкой надо аккуратно протереть тонкой кисточкой или мягкой тканью. При этом не следует нажимать слишком сильно, в противном случае на поверхности может образоваться статическое электричество и пылинки будут стремиться к слайду как мухи на мед. В конце концов поверхность стекла (или слайда) станет более пыльной, чем до этой операции. Некоторые фирмы выпускают специальную антистатическую жидкость для очистки поверхностей.



Фото 189.

Слайд с изображением карты, на которой отмечен маршрут путешествия.

Чтобы правильно вставить слайд в магазин проектора, его следует пометить. В качестве метки на слайд можно наклеить маленький кружок бумаги. Тогда ориентацию слайда легко определить на ощупь. Если показ слайдов предполагается сопровождать комментариями или музыкой, то процесс демонстрации следует отрепетировать заранее.

Проектор, экран, кресла и все необходимое для демонстрации слайдов надо разместить до прихода зрителей, тогда им придется только занять соответствующие места и провести некоторое время в ожидании предстоящего зрелища.

После того как показ окончен, надо немедленно выключить проектор, не дожидаясь пока на экране появится яркое белое пятно, резко бьющее в глаза. Для глаз будет также приятнее рассматривать слайды при наличии слабого дополнительного освещения. Для комнаты обычных размеров, как правило, достаточно паразитного света, пробивающегося через щели проектора. Слишком яркий свет может снизить яркость слайдов, сделать цвета менее насыщенными и усложнить рассматривание мелких теневых деталей.

В наиболее совершенных моделях диапроекторов предусмотрена возможность подсоединения синхронизатора, который связывает проектор с магнитофоном, в результате чего слайды переключаются в соответствии с командами, записанными на пленку. Некоторые синхронизаторы позволяют использовать стереомагнитофон. При этом управляющие импульсы записываются на одной звуковой дорожке, а комментарии и музыка — на другой. При одновременном управлении несколькими проекторами можно плавно заменить один кадр другим. Скорость смены кадров можно изменять так, что одно изображение будет медленно блекнуть и вместо него на экране будет постепенно вырисовываться другое. Кроме того, на одном экране можно поместить сразу несколько небольших изображений разных размеров; некоторые изображения могут быть постепенно сведены на нет, и вместо них весь экран займет изображение какой-либо одной фотографии. Поскольку управляющие импульсы и звуковое сопровождение записываются на одну пленку, синхронизация смены слайдов и музыкального сопровождения может быть настолько точной, что ее можно запрограммировать так, чтобы слайды менялись в такт с темпом музыки. По-настоящему хорошая демонстрация слайдов с помощью подобного оборудования граничит с искусством, и если весь процесс продуман до мельчайших деталей, то демонстрация слайдов может превратиться в захватывающий спектакль неповторимой красоты и очарования.

Слайды как иллюстративный материал для лекций и докладов

Одно из наиболее важных соображений, которыми следует руководствоваться при выборе зала для лекционных

Close-up lens data

Close-Up Lens	Focus Setting in Feet	Lens-to-Subject Distance in Inches	Approximate Field Size for Picture Area in 2 x 2-inch Slide	
			44 to 46mm Lens	50mm Lens
1+	Inf	39	21 × 30	18 × 26½
	15	32½	17½ × 24½	14½ × 22
	3½	20½	10½ × 15	9 × 13½
2+	Inf	19½	10½ × 15	9 × 13½
	15	17½	9½ × 13½	8 × 12
	3½	13½	6½ × 9½	6½ × 9
3+	Inf	13	6½ × 10	6 × 8½
	15	12½	6½ × 9½	5½ × 8½
	3½	9½	4½ × 7½	4½ × 6½
3+ plus 3+	Inf	6½	3½ × 5½	3½ × 4½
	15	6½	3½ × 4½	2½ × 4½
	3½	5½	2½ × 4½	2½ × 3½

Close-up lens data

(50mm lens set for 3½ feet)

Close-up lens	Lens-subject (inches)	Field size (inches)
1+	20½	9 × 13½
2+	13½	6½ × 9
3+	9¾	4½ × 6¾
3+ Plus 3+	5¾	2½ × 3½

Фото 190.

Слайд (слева) не следует слишком перегружать информацией; он (справа) должен содержать только самые необходимые сведения.

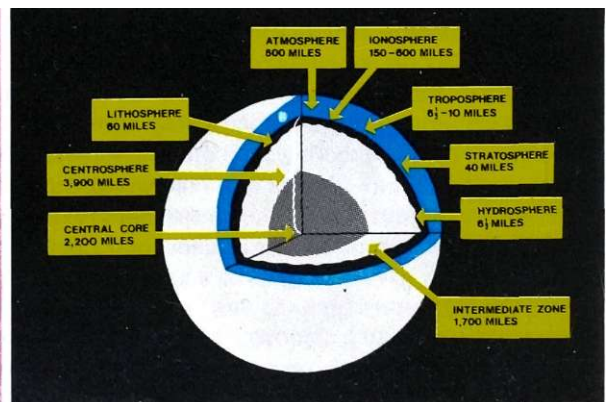
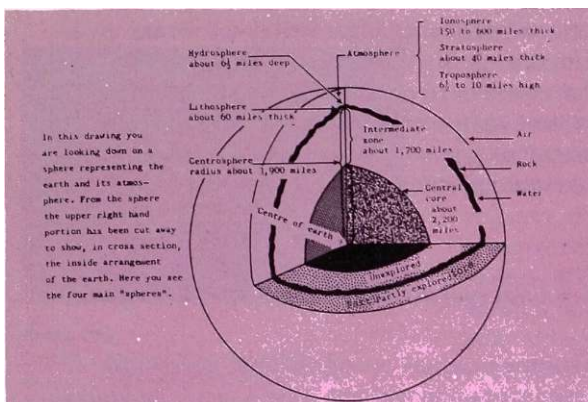
целей, состоит в том, что экран должен быть достаточно большим, чтобы проецируемая на него информация была отчетливо видна даже с самых дальних рядов. Для этого следует придерживаться довольно простого правила, согласно которому высота экрана не должна быть меньше 1/8 максимального расстояния до него. Таким образом, в зале длиной до 16 м достаточно использовать экран высотой 2 м.

Чтобы гарантировать разборчивость проецируемого на экран текста, следует учитывать размеры букв на слайде. Если относительные размеры экрана удовлетворяют описанному правилу, то размеры заглавных букв должны быть не меньше 1/50 высоты экрана (еще лучше, если они составляют примерно 1/25 высоты экрана).

Фото 191.

Книжные иллюстрации часто очень подробны, и тем не менее это никому не мешает, поскольку у читателя есть время, чтобы во всем подробно разобраться. Однако слайд, изображенный слева, совершенно не подходит для лекции: слушатели просто не успевают его как следует рассмотреть. Если учесть, что некоторую информацию, представленную на слайде, можно передать в устной форме, то на слайде (справа) можно оставить только одну схему.

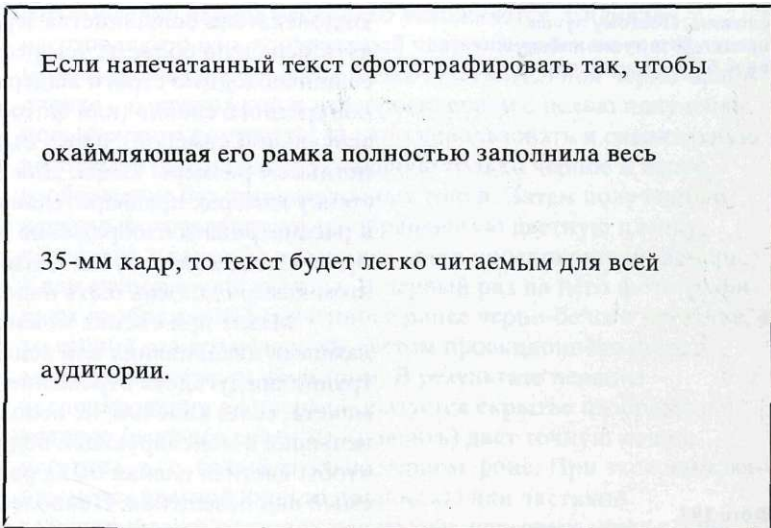
Сравнительно простое текстовое пояснение к слайду может быть напечатано на пишущей машинке. Для ориентации следует подготовить шаблон, ограничивающий область, содержащую текст. Размеры шаблона должны соответствовать относительным размерам экрана и размерам зрительного зала; высота шаблона должна быть в 25 раз больше высоты заглавных букв, а ширина — в 1,5 раза больше высоты. Интервал между строками должен быть по меньшей мере равен высоте букв. Можно использовать как прописные, так и строчные буквы, однако если пользоваться исключительно



прописными (заглавными) буквами, то разборчивость текста несколько повысится.

Слайды, на которых буквы изображаются белыми на черном или цветном фоне, более приятны для глаз, чем слайды, в которых текст нанесен черным по белому. Кроме того, на черном фоне менее заметна пыль или грязь.

Хотя для многих случаев вполне подходит обычный машинописный текст, более профессионально выполнять текст с помощью специального переводного алфавита Letraset. Такие алфавиты выпускаются самых различных размеров и шрифтов. При этом буквы могут быть как черными, так и белыми, что позволяет сразу делать макет с белым текстом на цветном фоне. Если придерживаться правила «1/25», то можно использовать как строчные, так и прописные буквы, поскольку в таком формате информация воспринимается быстрее, чем в случае только прописных букв.



Очень удобно делать макеты стандартного размера, например в виде прямоугольника 15 X 22,5 см. Тогда можно было бы стандартизировать размеры букв, ширину линий, используемых в таблицах или графиках, а также все приспособления для пересъемки макета на слайд.

Не следует пытаться втиснуть в слайд как можно больше информации. Имеет смысл разбить всю информацию на два или большее число слайдов. Для этого можно к каждому последующему слайду добавить небольшой объем новой информации и таким образом получить серию слайдов, передающих весь объем необходимой информации.

Данные обычно гораздо легче воспринимаются в графической форме, чем в табличной, поэтому всякий раз, когда это возможно, таблицы следует заменять графиками.

Фотосъемка готового макета

Как только цветной макет подготовлен, все что нужно сделать, чтобы переснять его на слайд, — это сфотографиро-

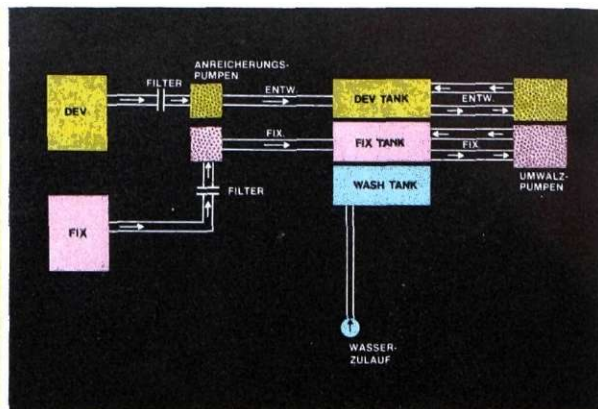
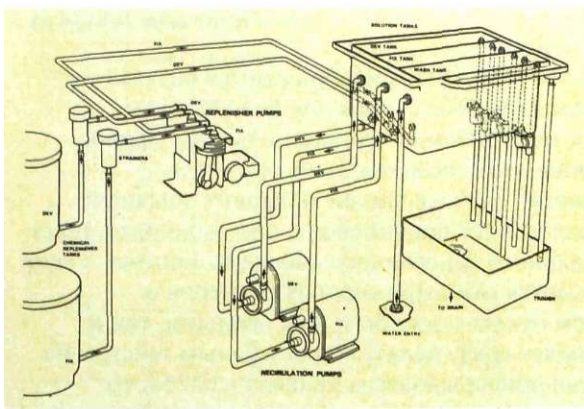


Фото 192.

Слайды, содержащие технические схемы (слева), часто слишком сложны. Поэтому лучше представить ту же информацию в виде блок-схемы (справа).

вать макет на цветную обращаемую пленку. Проще всего это можно осуществить с помощью зеркальной камеры. Видеоискатели большинства зеркальных камер показывают чуть меньшую область, чем реальные размеры кадра. Поэтому, если необходимо строго выдержать размеры какого-то конкретного слайда (или фотосъемка производится не зеркальной камерой), перед съемкой следует проверить истинные размеры кадра. Для этого можно снять заднюю стенку камеры, предварительно поставив затвор в положение В, и рассматривать изображение на кусочке полупрозрачной бумаги, надетой на зубья лентопротяжного механизма, при этом камера должна быть надежно закреплена на штативе.

Макет при съемке можно освещать дневным светом, лампами накаливания или вспышкой (в последнем случае трудно предугадать отражение или блики от поверхности макета, если, конечно, не используется специальная студийная вспышка с моделирующей подсветкой). При этом важно, чтобы цветная пленка была рассчитана именно на используемый вид освещения. Наиболее приемлемые результаты дают лампы накаливания. В идеале для получения равномерного освещения следует использовать две лампы, по одной с каждой стороны от камеры. Применение поляризационного светофильтра, надетого на объектив, способствует

Фото 193.

Информация обычно воспринимается гораздо легче в графическом, чем в табличном виде. Надписи на графиках при этом должны быть легко читаемы.

POPULATION RESOURCES COMPARED

Year	Western Europe (millions)	USSR (millions)	USA (millions)
1850	175	90	40
1950	300	180	110
1960	305	200	120
1970	310	205	125

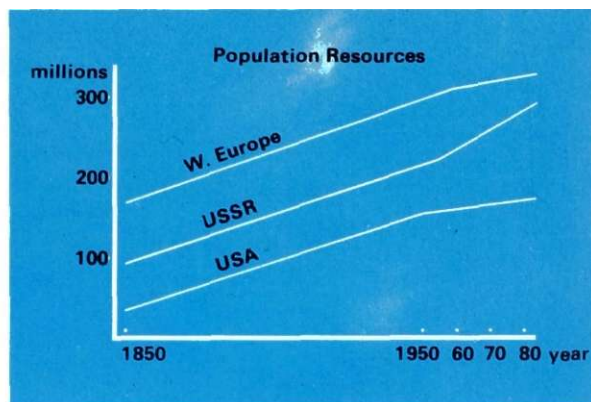
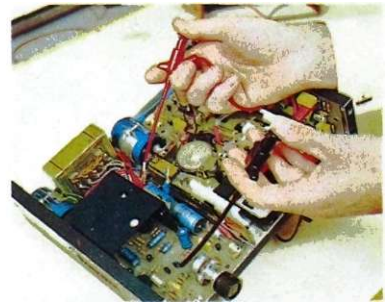


Фото 194.

Снимок, предназначенный для иллюстрации какого-либо конкретного момента лекции, должен содержать только самую необходимую информацию. Если снимок (слева) сделан с целью показать типичную радиолабораторию, то он вполне удовлетворяет этому требованию. Однако если ставилась задача показать, как проверяется печатная плата, то он уже не годится, поскольку содержит слишком много избыточной информации. В этом случае следует использовать снимок, показанный справа.



приглушению бликов и гарантирует хорошее насыщение цветов, тональное отделение надписей от фона. Фильтр следует повернуть на угол, дающий наилучший визуальный эффект.

Если макет включает черные надписи на белом фоне, а необходим белый текст на цветном фоне, то процедура изготовления слайда несколько усложняется. Сначала изготавливают очень контрастный черно-белый негатив. Его можно сделать на обычной низкочувствительной черно-белой пленке с недодержкой и перепроявлением с целью получения повышенного контраста. Можно использовать и специальную литографическую пленку, дающую только черное и белое изображение без промежуточных тонов. Затем полученный негатив фотографируют на обращаемую цветную пленку, используя в качестве источника света проекционный фонарь. Кадр экспонируют дважды. В первый раз на него фотографируют изображение полученного ранее черно-белого негатива, а во второй раз его освещают светом проекционного фонаря, закрытого цветным фильтром. В результате первого экспонирования на пленке образуется скрытое изображение, которое (если его сразу же проявить) дает точную копию негатива, т. е. белый текст на черном фоне. При экспонировании через цветной фильтр полностью или частично затушевывается один или два из трех цветовых слоев в зоне черного фона, а белый текст остается без изменений, поскольку он уже был полностью экспонирован во всех трех цветах. Видимо, наиболее спокойным и приятным для глаза фоном будет голубой, для получения которого при второй экспозиции можно взять фильтр Wratten 47 или 47B. Время экспонирования надежнее всего определить экспериментально, хотя наверняка окажется, что оно не очень критично. Если съемка ведется камерой, в которой нельзя один кадр экспонировать дважды, то затвор следует поставить в положение В и использовать в качестве затвора кусок черной бумаги, помещаемый перед объективом.

Если во время демонстрации необходимо показать один и тот же слайд дважды, а в промежутке — какие-то другие, то имеет смысл сделать его дубликат.

В тех случаях, когда тема, которую иллюстрирует данный слайд, уже пройдена, его не следует держать на экране. Если же после показа какого-то слайда необходима определенная пауза, то на это время проектор нужно

выключить или, что еще лучше, заранее поставить в кассете «пустышку» из какого-либо непрозрачного материала.

Следует следить за тем, чтобы все слайды, отобранные для показа, были в одинаковых рамках, в противном случае проектор каждый раз придется наводить на резкость.

Если слайды будет показывать ассистент, то их вместе с необходимыми инструкциями следует ему передать как можно раньше до выступления. Каждый слайд следует пометить, чтобы не было путаницы с его ориентацией, и пронумеровать по его месту в кассете. Это имеет смысл сделать, даже если слайды уже лежат в кассете: если вы их случайно рассыплете, нужный порядок легко можно будет восстановить. Если у проектора нет дистанционного управления, то следует предварительно договориться с ассистентом о способе сигнализации ему во время выступления.

Acknowledgements

Unless otherwise indicated below, the text and captions for this book were written and researched by Andrew Hawkins, and the diagrams and artwork were drawn by Dennis Avon.

Natural History: section dealing with the photography of wild birds and animals — text and diagrams by **Tony Tilford**.

Underwater Photography: text and diagrams by **Peter Scoones**.

Photographs by Andrew Hawkins and Dennis Avon with the exception of the following:

photo 178, **Michael Allman**; photo 84, 95, **Jennifer Carter**; photo 61, 62, **Keith Chant**; photo 115—117, by courtesy of **The Chipperfield Organisation**; photo 154, **A.E. Coe and Sons Limited**; photo 38, 88, **Coe Colour Center**; photo 36, 64—66, **Mike Cox**; photo 43 top, 54—56, 06, **Roger Gamble**; photo 33, **Bill Goodchild**; photo 43 bottom, 60, **Susan Hind**; photo 2, 34 top, 42 right, 48, 49, 75, 81, 103, 122, 124, 157, 160, **Jarrold, Norwich**; photo 43 center (2 pictures), 52 top, 67, 68, **Neil Jinkerson**; photo 9, 40, 189—193, by courtesy of **Kodak Limited**; photo 72—74, 83 **Jack Oakley**; photo 58, **Andrew T. Paton**; photo 71, **Ted Rule**; photo 125—130, **Peter Scoones/Seaphot**; photo 89, 91, 96, **Ian Shaw**; photo 138, **Robin Smith Photography Limited**; photo 69, **Richard Tilbrook**; photo 159 **Tony Tilford**; photo 97, **Geoffrey Unwin**; photo 31, 91, **Patrick Walmsley**; photo 44, 90, 94, **John Ward**.

Grateful thanks are also due to:

Canon Incorporated, for the illustration of the Canon A-1 appearing on page 39;

Jean Churchyard, for her artistic arrangement of the flowers for the photographs 183;

George Elliott and Sons Limited, The United Kingdom importers of Compur and Prontor shutters, for the photographs of the Prontor Electronic shutter on page 32;

Norwich Camera Centre, for allowing us on numerous occasions to photograph cameras and other equipment from their stock;

Trevor Weinle of Exposure Camera Service, Norwich, for his frequent advice and help on the technicalities of camera mechanisms;

Dougal Dixon, for editing the text.

And last, but not least, thanks to our wives **Margaret** and **May**, for their forbearance and understanding over the two-year period during which we were preparing the contents of this book.

Терминологический словарь

Аберрация, оптическое несовершенство фотообъективов, приводящее к ухудшению качества изображения, наиболее распространенными видами аберраций являются хроматическая и сферическая, а также астигматизм, кома, дисторсия.

Авториндер, устройство, в котором для автоматической перемотки пленки и взвода затвора используется электрический мотор. Разновидностью такого устройства являются *виндеры*, максимальная рабочая скорость которых составляет обычно 2 кадр/с.

Автоматический фотоаппарат, фотографический аппарат, в котором частично или полностью автоматизированы операции, обычно выполняемые фотографом в процессе съемки: отсчет кадров, выбор и установка экспозиционных параметров, протяжка фотопленки и др. Наиболее часто определяющим признаком для подразделения камер на автоматические, полуавтоматические и неавтоматические служит способ выбора и установки экспозиционных параметров. В первом случае выбор и установка выдержки и диафрагмы осуществляется автоматически с помощью экспонометрического устройства. Во втором случае выбирается и устанавливается автоматически только один параметр, например выдержка, а другой параметр фотограф устанавливает вручную (автоматика с приоритетом по выдержке или по диафрагме).

Автоспуск, устройство, обеспечивающее автоматическое срабатывание затвора фотоаппарата через несколько секунд, (обычно 10—15 с) после его включения (задержка может быть постоянной или регулируемой). Автоспуском пользуются в тех случаях, когда нажатие спусковой кнопки нежелательно по условиям съемки, например если при нажатии спусковой кнопки нарушается неподвижность фотоаппарата, а также при съемке автопортрета и др.

Аддитивный синтез цвета, способ получения множества цветов путем оптического смешения в различных пропорциях излучений основных цветов (красного, зеленого и синего).

Актиничный свет, излучение, обладающее способностью оказывать фотохимическое, тепловое или другое воздействие на вещество. В результате воздействия актиничного света на светочувствительный слой фотоматериала в последнем образуется невидимое (скрытое) или видимое глазом изображение. Степень фотографической активности света зависит от его спектрального состава и от спектральной

чувствительности фотоматериала (свет, являющийся активным для одного фотоматериала, может быть неактивным для другого).

Анаморфот, оптическая система, создающая изображение объекта с различными масштабами в двух взаимно перпендикулярных (горизонтальном или вертикальном) направлениях. С помощью анаморфота можно трансформировать (сжимать или растягивать) изображение снимаемого объекта с заданным изменением масштабов в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Ангстрем (обозначение Å), внесистемная единица длины, используемая для измерения длины волны электромагнитного излучения. $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ м} = 10^{-8} \text{ см} = 0,1 \text{ нм}$.

Апертура, величина, характеризующая действующее отверстие оптической системы; определяется размерами линз или диафрагм, ограничивающими световой пучок, входящий в оптическую систему.

АСА (ASA), единица светочувствительности (от начальных букв английских слов American Standards Association).

Астигматизм, один из видов аберраций оптических систем, вследствие которой пучок лучей, исходящих из какой-либо точки, после прохождения через оптическую систему собирается не в одной точке, а на двух взаимно перпендикулярных отрезках прямой линии, расположенных на некотором расстоянии друг от друга.

Асферические объективы, оптические системы с повышенной коррекцией аберраций, содержащие линзы или зеркала, преломляющие или отражающие поверхности которых имеют несферическую форму.

Бленда, приспособление в виде цилиндра, усеченного конуса или четырехгранной усеченной призмы из пластмассы, реже из металла, с черной матовой внутренней поверхностью, надеваемое на переднюю часть оправы объектива для предотвращения попадания в него боковых лучей.

Блик, яркое световое пятно на темном фоне, представляющее собой изображение светящегося источника излучения в отраженном свете. Образуется в результате отражения света от недостаточно зачерненных поверхностей оптических деталей камеры или от внутренних поверхностей линз объектива. В современных объективах образование бликов удается свести до минимума с помощью просветления поверхностей раздела *стекло — воздух*.

Видоискатель, оптическое устройство фотоаппарата, служащее для определения границ изображения (кадра) объекта съемки. В некоторых фотоаппаратах оборудуется устройствами для визуальной проверки фокусировки объектива.

«Вилка», метод получения правильной экспозиции, предусматривающий дополнительную съемку объекта с экспозициями больше и меньше.

Вогнутая линза, линза, центральная часть которой тоньше, чем края, в результате чего падающие на линзу параллельные лучи света при выходе из нее расходятся.

Выпуклая линза, линза, центральная часть которой толще, чем края, в результате чего падающие на линзу параллельные лучи света при выходе из нее сходятся.

Галогениды серебра, химические соединения серебра с галогенами (бром, хлор, иод); обладают светочувствительными свойствами. В фотографии применяют хлорид, бромид и иодид серебра, которые входят в состав фотографических эмульсий.

Гиперфокальное расстояние, минимальное расстояние от объекта съемки до такой плоскости в пространстве предметов, при фокусировке объектива на которую задняя граница резко изображаемого пространства находится в бесконечности. При этом передняя граница оказывается на расстоянии, равном половине гиперфокального расстояния.

Глубина резко изображаемого пространства (глубина резкости), наибольшее расстояние вдоль оптической оси между точками в пространстве, изображаемыми оптической системой достаточно резко.

Голубой цвет, цвет дополнительный к красному. Объекты, окрашенные в голубой цвет, отражают синие и зеленые и поглощают красные лучи.

Дальномер фотоаппарата, оптическое устройство для определения расстояния до объекта съемки. При помощи дальномера осуществляется фокусировка съемочного объектива фотоаппарата: раздвоенное изображение объекта совмещается в одно.

Двухобъективный зеркальный фотоаппарат, фотографический аппарат, видоискатель которого снабжен объективом. Оправа объектива видоискателя кинематически связана с оправой съемочного объектива, так что при фокусировке объектива видоискателя одновременно и синхронно фокусируется съемочный объектив фотоаппарата.

Диафрагма, устройство для ограничения или изменения светового пучка в оптических системах.

Диафрагменное число объектива, число, равное отношению заднего фокусного расстояния объектива к диаметру его входного зрачка (т. е. величина, обратная относительному отверстию). В значениях диафрагменного числа градуируются шкалы диафрагм на оправе объектива; ряд численных значений диафрагменного числа выбирается так, что он образует геометрическую прогрессию со знаменателем, равным 2 (например, 1; 1,4; 2; 2,8; 4; 5,6 и т. д.). При переходе от одного значения диафрагменного числа к другому (большему или меньшему) освещенность изменяется (уменьшается или увеличивается) в два раза.

Диапазон яркостей, отношение яркостей (или разность их логарифмов) наиболее светлого и наиболее темного участков

объекта. Для удовлетворительной передачи всех тонов объекта диапазон яркостей не должен превосходить возможности данной пленки.

Диапозитив, позитивное изображение на прозрачной бесцветной подложке (стекле или пленке), предназначенное для рассматривания на просвет или проецирования на экран.

ДИН, условная единица для выражения числа светочувствительности (DIN, от начальных букв немецких слов Deutsche Industrie-Norm — немецкий промышленный стандарт). Каждое увеличение на три единицы по шкале ДИН соответствует увеличению чувствительности пленки в два раза; например, 18 ДИН = 50 АСА, 21 ДИН = 100 АСА.

Диоптрия, единица оптической силы линз, сферических зеркал и сложных оптических систем. Обозначения; международное — *дюр*, русское — *дптр*. Одна диоптрия соответствует оптической силе линзы (или сферического зеркала) с фокусным расстоянием в 1 м; для собирающих линз имеет положительный знак, для рассеивающих — отрицательный. Так, линза силой + 2 диоптрии является собирающей линзой с фокусным расстоянием 0,5 м.

Дисперсия, зависимость показателя преломления вещества от длины световой волны и, следовательно, от цвета. Вследствие дисперсии белый свет при прохождении через призму разлагается на отдельные спектральные составляющие.

Дисторсия, один из видов аберраций оптических систем, при которой нарушается геометрическое подобие между объектом и его изображением. Так, вследствие дисторсии изображение квадрата приобретает вид подушки (подушкообразная дисторсия) или бочки (бочкообразная дисторсия) в зависимости от того, в какую сторону от центра искривляются прямые линии объекта съемки.

Длиннофокусный объектив, объектив, у которого фокусное расстояние более чем в 1,5 раза превосходит диагональ кадра (поля изображения).

Дополнительные цвета, хроматические цвета двух излучений, образующие при оптическом смещении в определенной пропорции излучение белого цвета. Если данный цвет вычсть из белого света, то остается его дополнительный цвет.

Цветные фильтры поглощают дополнительные цвета к тем цветам, которые они пропускают. Так, синий фильтр поглощает желтый цвет, красный — голубой, а зеленый — пурпурный.

Закон взаимозаместимости (Бунзена — Роско закон), согласно этому закону количество освещения (экспозиция) равно произведению освещенности и времени экспонирования (выдержки).

Закон обратных квадратов, согласно этому закону, интенсивность излучения обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника излучения до объекта съемки.

Заполняющий свет, дополнительное освещение, используемое

для подсветки теней, которые образуются при освещении основным источником света, и снижения контраста сюжета до приемлемого уровня.

Зарядный мешок, мешок из светонепроницаемой ткани с отверстиями для рук (в края отверстия вставлены резинки). Используется для зарядки кассет, заправки пленки в проявочный бачок или для удаления застрявшей в камере пленки.

Зеркально-линзовый объектив, объектив, формирующий изображение за счет света, отраженного от зеркал, а не только за счет света, преломленного линзами. При компактных размерах имеет большое фокусное расстояние; диафрагма не регулируется.

Зерно, частицы галогенидов серебра в эмульсии, размеры которых до некоторой степени определяют чувствительность пленки к свету. Высокочувствительные пленки имеют довольно крупное зерно, которое после обработки может стать настолько крупным, что это проявится в видимой крупнозернистой структуре изображения. Такое изображение принято называть зернистым.

Инфракрасное излучение, излучение, длина волны которого находится за пределами области видимого спектра. Некоторые пленки, как черно-белые, так и цветные, специально сенсibilизированы для фотосъемки в ИК-лучах и используются в медицине, криминалистике и других областях науки и техники.

Искусственный свет, освещение, отличное от естественного дневного света. Основными источниками искусственного света в фотографии являются лампы накаливания, одноразовые лампы-вспышки и электронные импульсные лампы.

Кассета, светонепроницаемая коробка, в которую помещается светочувствительный фотографический материал, используемый в съемочных аппаратах. Различают кассеты плоские, цилиндрические и специальной формы. Цилиндрические кассеты выпускаются металлические и пластмассовые, одноразового и многократного использования; предназначены для малоформатных пленок (в основном 35-мм).

Кольцевая вспышка, специальная электронная импульсная лампа с кольцевой трубкой и рефлектором, которую можно разместить вокруг объектива камеры; дает почти бестеневое освещение, очень удобное при некоторых видах фотосъемки, например при макросъемке.

Кома, один из видов аберраций оптических систем, приводящей к нарушению гомоцентричности и осевой симметрии наклонного пучка на выходе системы. Вследствие комы изображение точки, даваемое оптической системой, имеет вид несимметричного пятна, по форме напоминающего запятую.

Компенсационные светофильтры, фильтры основных цветов (красный, зеленый, синий) разной плотности и вторичных

цветов (желтый, пурпурный, голубой) разной плотности. Надеваются на объектив камеры для компенсации факторов, которые в противном случае привели бы к небольшим цветовым искажениям.

Компьютерная вспышка, электронная импульсная лампа с компьютерным управлением, позволяющая обходиться без непосредственного измерения расстояния между вспышкой и объектом.

Конверсионный светофильтр, термин, иногда употребляемый в литературе для обозначения компенсационного светофильтра, осуществляющего значительное изменение цветовой температуры оптического излучения. Конверсионные светофильтры позволяют одну и ту же пленку (предназначенную, например, для съемок при свете ламп накаливания) использовать для съемки как при искусственном, так и при естественном освещении.

Контактная колодка («горячий башмак»), специальные ползки на фотоаппарате, обеспечивающие непосредственное электрическое соединение синхроконтактов затвора камеры и лампы-вспышки.

Контраст, степень перепада яркости изображения. Изображение с большим перепадом яркости называют *контрастным*, а изображение с небольшим перепадом яркости — *вялым*.

Кратность светофильтра, число, показывающее, во сколько раз необходимо увеличить выдержку для компенсации потерь света, обусловленных поглощением его светофильтром. Обычно оно указывается на оправе светофильтра, например 2X, 3X и т. д.

Кривизна поля изображения, один из видов аберраций оптических систем, вследствие которой поверхность резкой фокусировки становится искривленной, а не плоской.

Кремниевый фотодиод, фотоприемник, действие которого основано на явлении внутреннего фототока — сила фототока прямо пропорциональна интенсивности действующего на фотозлемент излучения.

Кружок нерезкости, искаженное изображение точки вследствие дифракции света на круглых оправках компонентов оптической системы (например, объектива), остаточных аберраций оптических систем, а также неточной фокусировки.

Макрообъектив, объектив, предназначенный для съемок при малых расстояниях до объекта. Большинство макрообъективов фокусируется без вспомогательных приспособлений на расстоянии, при которых получается изображение объекта в половину его натуральной величины. Для фокусировки на меньшие расстояния, т. е. для получения изображений, в несколько раз превышающих истинные размеры объекта, используются удлинительные кольца или мех.

Межлинзовый затвор, разновидность фотографического затвора, световые заслонки которого в виде лепестков

расположены между линзами, внутри объектива, как правило, непосредственно возле ирисовой диафрагмы. Скорость срабатывания ограничена инерционностью лепестков и рабочего механизма; наибольшая скорость составляет 1/500 с. **Мех**, гибкий светонепроницаемый рукав, устанавливаемый между оправой объектива (или объективной доской) и корпусом камеры. В прошлом использовался в складных камерах; в настоящее время применяется в студийных камерах со сквозной наводкой (с матовым стеклом) и в некоторых моделях увеличителей.

Механизм наводки на фокус, устройство, служащее для получения резкого изображения при съемке.

Мнимое изображение, изображение, образуемое расходящимися пучками света. Мнимым изображением является изображение в зеркале и в лупе.

Моторный привод, приспособление для автоматической перемотки пленки в процессе съемки после экспонирования очередного кадра. Позволяет производить съемку с максимальной скоростью 5 кадр/с.

Наводка на резкость (фокусировка объектива), перемещение оптического блока (или какой-либо его части) вдоль оптической оси объектива для совмещения плоскости образуемого им оптического изображения с плоскостью пленки.

Нарушение закона взаимозаменяемости (эффект Шварцшильда), явление невзаимозаменяемости, наблюдаемое для реальных фотоматериалов. В случае очень низких уровней освещенности при уменьшении интенсивности света в два раза может возникнуть необходимость увеличить продолжительность освещения не в два раза, а больше. Соответственно требуемая выдержка может оказаться больше, чем показывает экспонометр. Нарушение закона взаимозаменяемости можно также наблюдать при очень малых выдержках, с которыми иногда приходится снимать в случае использования автоматической импульсной лампы.

Насадочная линза, положительная или отрицательная линза, которую присоединяют к передней части съемочного объектива для изменения величины его фокусного расстояния; применяется для увеличения масштаба изображения. При установке линзы на объектив камеры последний можно сфокусировать на объекты, расположенные ближе фокусного расстояния объектива. Выпускаются различной оптической силы, которая указывается в диоптриях на оправе объектива.

Негатив, 1. *черно-белый*, фотографическое изображение, на котором относительное распределение плотностей обратно пропорционально распределению яркостей объекта съемки; 2. *цветной*, фотографическое изображение, на котором цвет любого элемента является дополнительным к цвету соответствующего элемента объекта съемки; например, красный заменен голубым, зеленый — пурпурным и т. д., а

соотношение плотностей также обратно пропорционально.

Нейтрально-серый светофильтр, светофильтр, который характеризуется практически одинаковым коэффициентом пропускания для всех участков спектра видимого излучения, т. е. ослабляет свет без изменения его спектрального состава.

Нормальный фотообъектив, объектив, фокусное расстояние которого приблизительно равно диагонали кадра; используется для любых видов фотосъемки.

Обратная (или задняя) проекция, проекция диапозитива или пленки на обратную сторону прозрачного экрана. Используется в фотографии, а иногда в кинематографии для проецирования необходимого фона при студийной съемке, что позволяет сократить расходы и исключить неудобства, связанные с натурными съемками.

Обращаемая пленка, пленка, которая после обработки дает позитивное изображение.

Объектив «рыбий глаз», объектив с очень коротким фокусным расстоянием и, следовательно, с очень широким углом поля зрения (до 180°). Характеризуется большими искажениями перспективы, что иногда используется для создания специальных эффектов.

Объектив с переменным фокусным расстоянием, или **зум-объектив**, объектив, у которого фокусное расстояние, а следовательно, и угловое поле зрения может изменяться в пределах, обусловленных его конструкцией. Фокусное расстояние изменяется либо ступенчато — объектив с *дискретным изменением* фокусного расстояния, либо плавно — так, называемый *панкратический* объектив.

Объектив с регулируемой перспективой, специальный широкоугольный объектив, оптическая ось которого может отклоняться от нормали, что исключает необходимость наклонять камеру относительно объекта съемки и позволяет таким образом избежать искажений типа «сходящиеся вертикали». Обычно устанавливается на некоторые модели однообъективных зеркальных камер; часто используется при фотосъемке архитектуры.

Однообъективная зеркальная фотографическая камера, фотографический аппарат, у которого съемочный объектив служит одновременно объективом видоискателя.

Оптическая ось главная, условная линия, соединяющая сферические центры поверхностей, образующих линзу. У фотографического объектива главная оптическая ось пересекает все центры сферических поверхностей линз, поскольку последние точно центрируются относительно друг друга.

Ортохроматические фотоматериалы, черно-белые фотоматериалы, светочувствительные ко всем цветам видимого спектра, за исключением красного. В настоящее время используются только в специальных приложениях.

Относительное отверстие, отношение диаметра действующего отверстия объектива к его главному фокусному расстоянию.

Павильонные фотокамеры, фотографический аппарат, обычно большого формата, для съемок в павильоне, фотоателье и на натуре в полустационарных условиях. Светочувствительный материал размещается в светонепроницаемых плоских кассетах.

Панхроматические материалы, черно-белые фотоматериалы, светочувствительные ко всем цветам видимого спектра. Все современные пленки общего назначения являются панхроматическими.

Параллакс (или **параллактическая ошибка**), расхождение между границами изображения, видимого через видоискатель, и изображения, формируемого на пленке, вследствие несовпадения оптических осей видоискателя и съемочного объектива. Практически не заметен при фотосъемке удаленных от камеры объектов и становится весьма значительным при фотосъемке близко расположенных объектов.

Пентапризма, отражательная призма, имеющая в сечении, перпендикулярном ее рабочим граням, вид пятиугольника. Если одну из отражательных граней пентапризмы заменить двумя, угол между которыми составляет 90° , то получится пентапризма с крышей (*крышеобразная* пентапризма); такая пентапризма используется, например, в видоискателях зеркальных фотоаппаратов.

Подложка фотоматериала, основа фотоматериала, служащая носителем эмульсионных слоев.

Показатель преломления, числовой коэффициент, характеризующий способность данной среды отклонять световые лучи; определяется как отношение скорости света в вакууме к скорости света в данной среде.

Поле зрения объектива, круг всего изображения, даваемый фотографическим объективом. Поле изображения объектива определяет формат фотографического изображения, который должен вписываться в него, т. е. диагональ прямоугольного или квадратного кадра должна равняться диаметру поля изображения.

Поляризационный светофильтр, светофильтр, действие которого основано на использовании явления двойного лучепреломления. Предназначен главным образом для ослабления и устранения на изображении бликов, возникающих при отражении света от гладких поверхностей, а также для притемнения изображения яркого неба и подчеркивания зеленого цвета растительности.

Приспособление для макрофотографии, светонепроницаемое приспособление, позволяющее увеличить расстояние между объективом и плоскостью пленки и сфокусировать объектив на объекты, расположенные много ближе, чем минимальное расстояние, указанное на шкале дистанций объектива. Расстояние от объектива до пленки обычно регулируется при помощи кремальеры.

Просветление оптическое, нанесение тонких, не поглощающих свет пленок на поверхность оптических деталей объектива для

уменьшения потерь света, обусловленных его отражением от преломляющих поверхностей этих деталей. Такое покрытие наносится путем испарения фтористых соединений (обычно натрия или магния) и конденсации их паров на поверхностях оптических деталей объектива в вакуумной камере. Процесс прекращается, когда толщина покрытия достигает величины, обычно равной четверти длины волны зеленого света.

Просветленный объектив, объектив, у которого поверхности оптических компонентов, граничащих с воздухом, покрыты тонким слоем прозрачного вещества (обычно фтористого магния) для увеличения пропускания и предотвращения образования бликов.

Противорефлексный слой, один из слоев фотоматериала, уменьшающий отражение подложкой света, прошедшего через светочувствительный слой, и предотвращающий образование ореолов отражения. Противорефлексный слой состоит из желатины, в которую добавлены вещества, обладающие высоким спектральным поглощением.

Пурпурный цвет, цвет дополнительный к зеленому. Объекты пурпурного цвета отражают красный и синий цвет и поглощают зеленый.

Разрешающая сила объектива, свойство фотографического объектива разделять на оптическом изображении очень близко расположенные точки или линии. Минимальное расстояние, на котором две линии передаются еще раздельно, называется линейным пределом разрешения.

Резкость оптического изображения, отчетливость, ясность изображения объекта, проецируемого объективом на светочувствительный слой фотоматериала.

Рентгеновские лучи (Х-лучи), не видимое глазом электромагнитное излучение с длиной волны $10^{-6} — 10^{-10}$ см. Проникает через некоторые непрозрачные для видимого света материалы.

Рикошетирующая вспышка, метод освещения лампой-вспышкой, при котором свет отражается на объект от соответствующим образом расположенной поверхности (например, от потолка), что позволяет получить рассеянное, мягкое освещение. Этот метод часто используется в сочетании с другими видами искусственного освещения.

Светосила объектива, отношение освещенности оптического изображения, образованного объективом в плоскости светочувствительного материала (пленки), к яркости фотографируемого объекта.

Светофильтр, оптическое приспособление в виде кусочка прозрачного стекла, желатины или другого материала для изменения спектрального состава излучения. Светофильтры могут устанавливаться на источник света либо надеваться на объектив камеры.

Селеновый фотоэлемент, фотоэлемент, действие которого основано на явлении внутреннего фототока, сила которого прямо пропорциональна интенсивности падающего на

элемент излучения. Используется в некоторых моделях экспонометров. Такие экспонометры не нуждаются в батарейках, однако имеют сравнительно низкую чувствительность при низких уровнях освещения.

Серая карта, специальная карта с коэффициентом отражения, равным 18%, используемая для определения экспозиции. Имеет ту же отражательную способность, что и «средний» объект, и может использоваться для определения экспозиции, в особенности когда объект съемки светлее или темнее среднего.

Синтез света, оптическое смешение цветов или цветных красителей в различных пропорциях для получения требуемого цвета. Почти все цветные пленки и полиграфические материалы воспроизводят цвета исходного объекта путем субтрактивного смешения красителей вторичных цветов: желтого, пурпурного и голубого. Цветное телевидение основано на аддитивном смешении первичных цветов: красного, зеленого и синего.

Система TTL, система определения экспозиции в однообъективных зеркальных камерах. Показания снимаются одним или несколькими фотоприемниками, измеряющими количество света на матовом стекле (экране видоискателя), прошедшего через объектив. Такая система позволяет видеть точную площадь объекта, для которой определяется экспозиция, и учитывает автоматически величину установленной диафрагмы.

Скрытое изображение, не видимые глазом химические изменения, возникающие в светочувствительном слое фотоматериала в процессе его экспонирования.

Сложный объектив, объектив, состоящий из двух и более оптических элементов.

Сернисто-кадмиевый фотоприемник, полупроводниковый прибор, электрическое сопротивление которого изменяется под действием внешнего электромагнитного излучения.

Спусковой тросик (тросик фотографический), тонкий стальной трос в гибкой металлической оболочке, на одном конце которого имеется спусковая кнопка, а на другом — стержень-толкатель для спуска затвора камеры. Применяется главным образом в тех случаях, когда непосредственный спуск затвора от руки может нарушить неподвижность камеры в момент съемки.

Спектральная чувствительность фотоматериала, его светочувствительность по отношению к монохроматическому излучению с заданной длиной волны.

«Спот-экспонометрия» (или измерение интенсивности излучения в точке), система измерения экспозиции с узким угловым полем зрения, позволяющая снимать показания для небольшой площади объекта, расположенной точно по центру экрана видоискателя. Выпускаются экспонометры с угловым полем зрения всего 1° .

Субтрактивный синтез цвета, получение всевозможных цветов путем вычитания из белого света отдельных спектральных

составляющих — обычно синих, зеленых и красных излучений основных цветов.

Сферическая аберрация, один из видов аберраций оптических систем, вследствие которой широкий пучок монохроматического света, исходящий из точки, лежащей на главной оптической оси линзы, при прохождении через нее пересекается не в одной точке, а во множестве точек, расположенных на оптической оси на разном удалении от линзы, вследствие чего изображение получается нерезким.

Угол зрения объектива, угол, под которым видно поле зрения объектива из его главной задней точки.

Угол изображения объектива, угол, образованный лучами света, соединяющими диагональ кадра с задней главной точкой объектива. В зависимости от величины угла изображения фотоаппарата фотообъективы делятся на нормальные — угол изображения 45° — 65° , широкоугольные — угол изображения от 75° и больше, длиннофокусные — угол изображения от 30° и меньше.

Угол отражения, угол, образованный световым лучом, отраженным от поверхности, и нормалью к этой поверхности.

Угол падения, угол, образованный световым лучом, падающим на какую-то поверхность, и нормалью к этой поверхности.

Удлинительное кольцо, металлическое (реже пластмассовое) кольцо шириной 5—32 мм, которое помещают между объективом и корпусом камеры для увеличения расстояния от съемочного объектива до изображения.

Ультрафиолетовое излучение, не видимое глазом электромагнитное излучение в пределах длин волн 400—10 нм.

Фокусное расстояние оптической системы, расстояние от главной точки оптической системы до соответствующего фокуса. Различают фокусное расстояние переднее, относящееся к пространству предметов, и заднее, относящееся к пространству изображений.

Фокусное расстояние главное, расстояние от точки главного фокуса до главной задней фокальной плоскости; обозначается как f' или f . Главное фокусное расстояние есть величина постоянная и определяет масштаб изображения при установке объектива на бесконечность; указывается на оправе объектива в сантиметрах, реже в миллиметрах.

Фокус, точка, в которой пересекаются лучи или их продолжения по выходе из оптической системы при условии, что на систему падает пучок параллельных лучей оптической оси. Различают фокус *передний*, принадлежащий пространству предметов, и *задний* — пространству изображений. Плоскость, перпендикулярная оптической оси и проходящая через передний или задний фокус, называется соответственно *передней* или *задней фокальной плоскостью*.

Фокусировочный экран, экран из матового стекла в зеркальной камере или в павильонной камере со сквозной наводкой, облегчающий рассматривание и фокусирование изображения объекта съемки.

Фотомакрография, фотографирование с увеличением IX и более; часто путают с макрофотографией.

Фотоmikрография, фотографирование через полную оптическую систему микроскопа, т. е. с использованием как его объектива, так и окуляра.

Фотографирование при имеющемся освещении, фотосъемка без использования дополнительных источников освещения. При этом обычно подразумевается, что уровень освещенности низкий и необходима высокочувствительная пленка.

Фотографическая (экспозиционная) широта, величина, характеризующая способность фотоматериала воспроизводить с одинаковой степенью контрастности различия в яркостях участков оптического изображения объекта съемки.

Фотографический затвор, механизм для точного дозирования времени освещения (выдержки) светочувствительного материала в процессе фотографирования.

Характеристическая кривая, графическая зависимость степени почернения (оптической плотности) светочувствительного слоя фотографического материала от уровней экспозиции.

Хроматическая аберрация, один из видов аберраций, вследствие которой лучи различной длины волны пересекают оптическую ось системы в точках, расположенных на разном расстоянии от системы.

Цветная негативная пленка, фотографический материал, предназначенный для получения негативного цветного изображения.

Цветная обращаемая пленка, фотографический материал, предназначенный для обработки способом обращения изображения, т. е. для получения позитивного изображения на том же материале, на который производилась съемка.

Цветная пленка для дневного света, фотографический материал, предназначенный для получения цветного изображения при дневном освещении, цветовая температура которого составляет 5500 К. Предназначена для съемок с лампой-вспышкой или с источником света, имеющими другую цветовую температуру с использованием соответствующих цветокорректирующих фильтров.

Цветные фильтры для печати, фильтры, предназначенные для коррекции цвета при цветной фотопечати. Помещаются между источником света и негативом или диапозитивом. Из-за неравномерной оптической толщины и недостаточной однородности не могут быть установлены на объективе.

Цветовая температура, величина, характеризующая спектральный состав излучения источника света; определяется температурой абсолютно черного тела, при которой его излучение имеет такой же спектральный состав и такое же

распределение энергии по спектру, как и излучение данного источника; выражается в Кельвинах (К).

Шарнирная головка, приспособление для установки камеры на треноге, почти под любым углом.

Широкоугольный фотообъектив, объектив, угловое поле которого больше 60° .

Шторный фотографический затвор, фотографический затвор, у которого световые заслонки выполнены в виде двух тканевых или металлических шторок, перемещающихся параллельно фокальной плоскости объектива вблизи поверхности фотоматериала.

Экспозиционная шкала (шкала световых значений), ряд условных чисел на оправе центрального затвора, выражающих количество освещения (экспозицию), необходимого для получения негатива нормальной плотности на фотоматериале определенной светочувствительности при данной освещенности объекта съемки.

Экспозиция, общее количество света, падающее на пленку для образования скрытого фотографического изображения, т. е. произведение интенсивности падающего на пленку света на время, в течение которого она подвергается его воздействию. Интенсивность света регулируется величиной диафрагмы, а время — величиной скорости затвора (выдержкой).

Экспозометр, прибор, используемый для определения нужного сочетания *диафрагма — выдержка*.

Эмульсионный слой (светочувствительный слой), слой фотографического материала, в котором под действием излучения образуется скрытое изображение. Основная составная часть эмульсионного слоя — микрокристаллы галогенидов серебра, которые равномерно распределены в желатине.

Предметный указатель

- Аберрация 11, 16
— сферическая см.
Сферическая аберрация
— хроматическая 11
Автоматические электронные импульсные лампы 179
Автопуск 27
Аддитивный синтез цвета 13
Анохроматы 215
Апертура 12
Архитектурная фото-съемка 127
Асферическая оптика 85

Видоискатель 17
— «спортивный» 37
Выбор точки съемки 111
Выдержка 66

Газоразрядные лампы (электронные вспышки) 102
Гиперфокальное расстояние 74
Глубина резкости (глубина поля резкости) 67, 71, 212, 230
расчет 73
таблица 72
— — шкала 72

Дальномер 17
— встроенный 35
Диафрагма 12, 16, 18, 66
— ирисовая 16
Диафрагменное число 20

Закон взаимозаменяемости 106
— отражения света 9
Замер интенсивности света по всему полю кадра 64
с повышенной ролью центральной части кадра 62
Зеркальное отражение 9

Измерение интенсивности отраженного объектом света 59
падающего на объект света 60
Изображение 214
— вторичное 214
— первичное 214
Имитация живописи маслом 244
Источники света 1, 15
— — искусственные 15
— — способы создания 15

Кадровое окно 29
Камера-обскура 9
Кассета 17
Композиция 108
— основные правила 110
Контрастность (диапазон яркостей) пленок 98

Ламели 26
Лампа-вспышка 28
— одноразовая 28
Лампы-вспышки электронные 172
Линзы 11

Магниева лампа 371
Макрообъектив 207
Мех 202
Механизм спуска затвора 31
Микроскоп 213
— принципиальная схема 213
Микрофотография 198

Наматывающий (лентопротяжный) механизм 18
Насадочные линзы 198

Объектив 19
Объективы 78
— диоптрические 80
— длиннофокусные 78
— зеркальные 78
— катодиоптрические 80
• — катоптрические 80
— макро 80
— нормальные 78
— сменные 78
— с переменным фокусным расстоянием 83
— широкоугольные 81
«Остановка» движения 69
«Открытая» вспышка» 193

Павильонные камеры 70
Панахроматы 215
Параллакс 34
Пентапризма 38, 39
Подводная фотосъемка 156
оборудование 156
оптические ограничения 156
Показатель преломления 10

Разрешающая способность пленок 96
Расстояние наводки 71
Рычаг взвода 26

Свет 9
— отражение 9
— преломление 10
— рассеяние 10
Светонепроницаемая камера 16
Сенсибилизаторы 45
Скорость затвора 29
Слайды 253
— демонстрация 253
Сменная оптика 23
Спектр 9
— видимая область 9
— дискретный 105
— линейчатый 109
Спектральный состав источников света 104
Субстративный синтез света цвета 13
Сферическая аберрация 11

- Техника «акварельных тонов» 243
«Точечный замер» 64
TTL-система 39
- Увеличение 203
— конечное 204
Угол отклонения 11
Удлинительные кольца 202
Укрытие 145
- Фильтры 48, 102
Флуоресцентные лампы 104
Флэшметр 178
Флюоритная оптика 85
Фокус 11
Фокусное расстояние 11
Форматные пленки 55
Форматы пленок 53
Фотографические аппараты, 34
— двухобъективный зеркальный 38
— однообъективный зеркальный 36
— с оптическим видоискателем 34
- Фотографический аппарат 16
— принципиальная конструкция 16
Фотографический затвор 17, 26
— межлинзовый (центральный или лепестковый) 17, 25
— механический 27
— с электронным управлением 27
— шторный (фокальный) 17, 29
Фотопленки 45
— инфрахроматические 48
— негативные 45
— обращаемые 45
— общего назначения 45
— панхроматические 46
— позитивные 45
— рентгеновские 50
— специальные 45
— технические 45
— цветные 45
— черно-белые 45, 46
- Фотосъемка готового макета 257
— крупным планом 196
— кристаллов в поляризованном свете 247
— медалей 234
— монет 234
— рыб в аквариуме 234
— стекла 241
— флуоресцирующих объектов 241
- Цвет 9, 12
Цвета 12
— вторичные (дополнительные) 12
— первичные (основные) 12
- чистые (насыщенные) 14
Цветовая температура 102
Цветопередача 100
- Шкала светочувствительности 45
Шторки 26, 29
- Экспозиция 177
— расчет 177, 210
Экспонометр 39
Экспонометры 56
— встроенные 64
— с кремниевым фотодиодом 57
— селеновым фотоэлементом 56
— сернистокадмиевым фотосопро-
тивлением 57
Электронная вспышка 28
Электронные импульс-
ные лампы 28

Оглавление

5	Предисловие редактора перевода
7	Предисловие
9	Свет и цвет
9	Свет и его свойства
12	Цвет
15	Искусственные источники света
16	Принципиальная конструкция фотографического аппарата
19	Объектив и диафрагма
26	Фотографический затвор
26	Межлинзовые фотозатворы
29	Шторный фотозатвор
31	Механизм спуска затвора
34	Типы фотографических аппаратов
34	Фотоаппараты с оптическим видоискателем
36	Двухобъективные зеркальные фотоаппараты
38	Однообъективные зеркальные фотоаппараты
40	Павильонные камеры
45	Фото пленки
45	Светочувствительность фотопленок
46	Типы фотографических пленок
51	Материалы для одноступенного фотографического процесса
53	Форматы пленок
56	Фотоэлектрические экспонометры
56	Экспонометры с селеновым фотоэлементом
57	Экспонометры с сернистокадмиевым фотосопротивлением
57	Экспонометры с кремниевыми фотодиодами
58	Конструкция экспонометров
61	Встроенные экспонометры
66	Выдержка и диафрагма
66	Управление экспозицией
67	Управление передачей движения и глубиной резкости
71	Глубина резкости
72	Шкалы и таблицы глубины резкости
73	Расчет глубины резкости
74	Гиперфокальное расстояние
77	Как пользоваться информацией о глубине резкости
277	

78	Сменные объективы
78	Нормальные объективы
78	Длиннофокусные объективы
81	Широкоугольные объективы
83	Объективы с переменным фокусным расстоянием
84	Макро-объективы
85	Асферическая и флюоритовая оптика
89	Перемещение камеры и объекта съемки
89	Перемещение камеры
93	Перемещение объекта съемки
96	Возможности пленки
96	Разрешающая способность
98	Контрастность (диапазон яркостей)
100	Цветопередача
106	Нарушение закона взаимозаместимости
108	Композиция
110	Основные правила
112	Обрамление сцены
112	Что видит фотокамера?
127	Архитектурная фотосъемка
132	Портретная фотосъемка
142	Фотосъемка живой природы
143	Фотографирование птиц и животных
149	Фотографирование растений
156	Подводная фотосъемка
156	Оптические ограничения
158	Оборудование
163	Фотографирование при слабом освещении
171	Фотографирование с лампой-вспышкой
171	Лампы-вспышки
173	Электронные вспышки
176	Расчет экспозиции
179	Автоматические электронные импульсные лампы
185	Расположение вспышки и характер освещения
188	Вспышка как источник дополнительного освещения
191	Фотосъемка с несколькими импульсными лампами
193	«Открытая вспышка»
193	Проверка наличия бликов
193	Импульсные лампы специального назначения
195	Меры предосторожности
198	Фотосъемка крупным планом
198	Насадочные линзы

- 202. Удлинительные кольца и мех
- 203 Расчет увеличения
- 206 Выбор объектива для съемки крупным планом
- 207 Макрообъективы
- 208 Переворачивание объектива
- 210 Расчеты экспозиции
- 212 Глубина резкости

- 213 **Фотомикрография**
- 213 Принципиальная схема микроскопа
- 216 Фотомикросъемка камерами с несъемным объективом
- 218 Фотомикросъемка камерами со сменными объективами
- 220 Пределы увеличения в фотомикрографии
- 222 Освещение образцов
- 227 Выбор экспозиции
- 228 Съемка
- 229 Фотомикросъемка с электронной вспышкой
- 230 Глубина резкости

- 233 **Специальные методы фотосъемки**
- 233 Небольшие объекты живой природы в искусственных условиях
- 234 Рыбы в аквариуме
- 234 Монеты и медали
- 240 Флуоресцирующие объекты
- 241 Стекло
- 241 Техника «акварельных» тонов
- 243 Имитация живописи маслом
- 246 Кристаллы в поляризованном свете

- 253 **Демонстрация слайдов**
- 253 Демонстрация цветных слайдов
- 255 Слайды как иллюстративный материал для лекций и докладов
- 257 Фотосъемка готового макета

- 261 **Терминологический словарь**
- 275 **Предметный указатель**

Уважаемый читатель!

Ваши замечания о содержании книги, ее оформлении, качестве перевода и другие просим присылать по адресу: 129820, Москва, И-110, ГСП, 1-й Рижский пер., 2, издательство «Мир».

Эндрю Хокинс,
Деннис Эйвон

**Фотография.
Техника и искусство**

Научный редактор
Т. П. Сапожкова
Младший научный редактор
Е. П. Орлова
Художник
Д. А. Аникеев
Художественный редактор
В. Б. Прищепа
Технический редактор
Л. П. Бирюкова
Корректоры
М. А. Смирнов,
Г. И. Царева

ИБ №5261
Сдано в набор 6.12.84
Подписано к печати 3.09.85
Формат 80 X 100^{1/16}
Бумага мелованная
Печать офсет. Гарнитура тайме
Объем 8,75 бум. л. Усл. печ. л. 25,90
Усл. кр.-отт. 105,64. Уч.-изд. л. 25,51
Изд. № 20/3464
Тираж 50000 экз. Зак. 1434. Цена 4 р. 80 к.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»
129820, ГСП, Москва, И-110,
1-й Рижский пер., 2.

Ордена Трудового Красного Знамени Калининский полиграфический комбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 170024, г. Калинин, пр. Ленина, 5.